
تكنولوجيا
معالجة الماء
والصرف الصناعي
دكتور
أحمد فؤاد النجعاوي
منشأة المعارف بالإسكندرية
جلال حزي وشركاه
Bibliotheca Alexandrina
0128720

الناشر:

منشأة المعارف ، جلال حزى وشركاه

٤٤ شـارع سعد زغلول – محطة الرمـل – ت/ف : ٤٨٣٣٣٠٣ – ٤٨٥٣٠٥٥ الأسكنـدريـة

٣٢ شـارع دكتور مصطفى مشرفـة – سوتيـر – ت : ٤٨٤٣٦٦٢ – ٤٨٥٤٣٣٨ الأسكندريـة

الإدارة : ٢٤ شـارع ابراهيـم سيـد احمـد – محرم بك – ت/ف : ٤٩٢٢١٦٤ الأسكنـدريـة

الإيداع بدار الكتب و الوثائق القومية :

تكنولوجيا معالجة الماء والصرف الصحى فى الوحدات الانتاجية د /احمد فؤاد النجعاوى

رقم الايداع : ٢٠٠٠/٩٠٥٠

الترقيم الدولى: 977-03-0755-6

التجهيزات الفنية :

جمع كمبيوتر وتصميم غلاف : سلطان كمبيوتر

طباعة : شركة الجلال للطباعة

تكنولوچيا
معالجة المــــاء والصرف الصناعي
في الوحدات الانتاجية

الدكتور
أحمد فؤاد النجعاوي

٢٠٠٠

كلمة المؤلف

"الحمد لله الذي هدانا لهذا وما كنا لنهتدي لولا أن هدانا الله"

بفضل من الله وتوفيقه تم استكمال هذا المؤلف عن معالجة الماء للاستخدمات الصناعية وكذلك معالجة ماء الصرف الصناعى .

ولقد كان الهدف الاول هو تقديم مؤلف يجمع بين طياته كل المعلومات والبيانات وكذلك والخواص القياسية للنوعيات المختلفة من الماء سواء كمادة أساسية أو كوسيط في عمليات التصنيع كماء لتغذية الغلايات وذلك لما يواجه السادة الفنيين فى الوحدات الانتاجية من صعوبات فى الحصول علي هذه المعلومات .

ولقد كانت هذه المشكلة تواجهنى منذ أن كنت مديراً للإنتاج في إحدى الشركات التي كانت تعمل في مجال الغزل والصباغة وكانت المشكلة الرئيسية هي كيفية الحفاظ علي الغلايات في حالة جيدة بعيدا عن المشاكل التى قد ينجم عنها كارثة محققة . وكان الحل حينئذ إسناد عملية الصيانة والاشراف إلى إحدى الشركات المتخصصة في هذا المجال .

أما الهدف الثانى فكان المساهمة ولو بجهد متواضع في مشكلة مقاومة التلوث البيئي عن طريق معالجة الصرف الصناعى ، خاصة أن هذه المشكلة أصبحت تهم كل السادة المسئولين عن المصانع التي تعمل في المجال الصناعي .

وبرغم حجم الموضوع وتشعبه إلا أنه أمكن بفضل الله وتوفيقه احتوائه وتبسيطه بما فى ذلك من جوانب علمية وتطبيقات عملية مزوداً بالجداول والارقام القياسية لقوانين البيئة .

وقد ساهم فى تذليل هذا الجهد ما تزخر به المكتبة العربية من مؤلفات وما قدمه مشروع ترشيد الطاقة وحماية البيئة وكذلك ما قدمته وزارة البيئة من كتب ومحاضرات ونشرات خاصة بهذا الموضوع هذا بجانب النشرات والكتب العلمية والاجنبية .

وأننى أحمدالله وأشكره على ما وهبنى من قدرة على إنجاز هذا المؤلف وأرجو من الله أن يتقبل منى هذا العمل خالصا لوجهه .

المؤلف

د / أحمد فؤاد النجعاوى

الباب الاول
الماء ومصادره

الفصل الاول : الماء

الفصل الثانى : مصادر الماء

الباب الاول

الفصل الاول

المـــــــاء

مقدمة عامة

لقد كرم الله الماء بذكره في القرآن الكريم في مواضع كثيرة علي أساس أن الماء هو سر الحياة كما جاء فى سورة الانبيــاء

بسم الله الرحمن الرحيم

« وجعلنا من الماء كل شيء حى »

صدق الله العظيم

ويرجع السر في عظمة هذا السائل الشفاف الذى لا لون له ولا طعم ولا رائحة أن له من الصفات ما ليس لغيره ، فالماء يستخدم فى الصناعات الكيميائية لأغراض متعددة ، ويعود سبب أفضلية الماء علي السوائل الأخرى إلى بعض الخواص الفريدة التى يتميز بها الماء دون غيره من المذيبات منها توافره في الطبيعة حيث يغطى الماء ثلاثة أرباع الكرة الارضية ويتغلغل فى اليابسة علي هيئة أنهار وترع وآبار جوفيه ومياه أمطار وغير ذلك أضف إلي ذلك خواصه الذوبانية حيث يعتبر مذيبا مستقطبا مثاليا للعديد من الموادالعضوية ويعتبر الماء مادة أولية أساسية كمصدر للهدروجين الذى يعتبر أحد المواد الأساسية للصناعات الكيميائيـــة .

من ناحية أخرى فإن الماء هو أرخص المذيبات علي الاطلاق وتتوفر فيه كافة شروط الامان حيث يمكن أن يعتبر الماء النقى المركب الكيميائي الوحيد الذى لايؤذى الانسان والاحياء الاخرى . ويتمتع الماء بخواص فيزيائية فريدة مثل

شفافيته وكثافته ودرجة تجمده وغليانه وحرارته النوعية وغير ذلك من الخواص .

وتحتاج المنشآت الصناعية إلي الماء في شتى المجالات ويعتبر تجهيز المنشأة الصناعية بالماء أحد العوامل الأساسية التى تؤخذ بنظر الاعتبار عندما يراد إنشاء وحدة صناعية وليس من الغريب أن نجد أن معظم المنشآت الصناعية في العالم تقع بالقرب من مصادر المياة الطبيعية .

فالماء يستخدم لغرض التبادل الحرارى أي يستخدم الماء لغرض التبريد والتسخين ، فعندما تحتاج العملية الصناعية إلي تبريد ـ والتى لا تكاد تخلو من ذلك ـ فيعتبر الماء خير وسيط لنقل الحرارة لذلك نجد استخدام الماء في المكثفات (condensers) والمبادلات الحرارية (Heat exchangers) ومبردات التجميد (Refrigeration)ومعدات تكييف الهواء (conditioning) وابراج التبريد .

ويستخدم الماء في التبريد لغرض السيطرة علي درجة حرارة التفاعل في العمليات الباعثة للحرارة (Exothermic)وتستهلك كميات كبيرة من الماء لهذا الغرض .

ويستخدم الماء بكثرة فى التسخين أيضا حيث يعتبر وسيطا مثاليا لنقل الحرارة فيستخدم بخار الماء المسخن في عمليات التسخين والتدفئة المركزية .

ويعتبر الماء مادة أولية عندما يدخل في تركيب الناتج أو يشترك في تفاعل كيميائى فيعتبر الماء من المواد الاولية الاساسية للعديد من عمليات التصنيع الكيميائى مثل صناعة المشروبات ، وفى صناعة الاحماض وفي عمليات انتاج الكحولات من الأوليفينات بواسطة إضافة الماء ، وتعتبر العمليات المعتمدة علي التحلل المائى من العمليات المألوفة في صناعة الصابون ويدخل الماء في تفاعلات عديدة لانتاج الهيدروجين وانتاج غاز الماء (الغاز الصناعى) ، ويعتبر الماء مذيبا قطبيا مهما جدا إذ يستخدم الماء كمذيب مألوف لدي جميع المنشأت الصناعية ، ويستخدم الماء بكثرة لإزالة الشوائب من المواد الأولية والنواتج النهائية وذلك عن طريق غسلها بالماء أو بواسطة بعض المحاليل المائية ، ويعتبر فعل الماء كمذيب للاملاح الأساس فى استخراج الملح والكلور والقلويات ، كما يستخدم الماء كمذيب في صناعة الفلاذ حيث يسخدم في تنظيف السطوح

المعدنية، ويستخدم أيضا في الصناعات النسيجية كمذيب لتنظيف الانسجة والاقمشة كما يستخدم فى عمليات الصباغة والطباعة وعمليات التجهيز النهائى.

وللماء استخدمات صناعية متنوعة عديدة أخرى حيث يستخدم كوسيلة لنقل المواد الاولية بهيئة محاليل أو مواد عالقة أو مواد مستحلبة ، ويستخدم الماء الساخن في تعدين الكبريت ويعتبر الماء اساسيا في التعامل مع عجينة الورق أثناء التصنيع ، ويستخدم الماء كوسيلة فعالة لإطفاء الحرائق التي تحدث في الصناعة ، ويستخدم الماء أحيانا في توليد الطاقة الحركية ، ويستخدم تيار الماء المضغوط كوسيلة لتنظيف الاجزاء المعدنية والتراكيب الانبوبية ، ويستخدم الماء كغلاف واق في المفاعلات النووية ، كمادة مهدئة في مفاعلات الطاقة النووية لكون الماء لا يكون أية نواتج نشطة إشعاعيا عند تعرضه للدقائق أو الاشعاعات المؤينة ، والماء يستخدم فى توليد البخار في الغلايات لتوليد الطاقة اللازمة في كافة الصناعات .

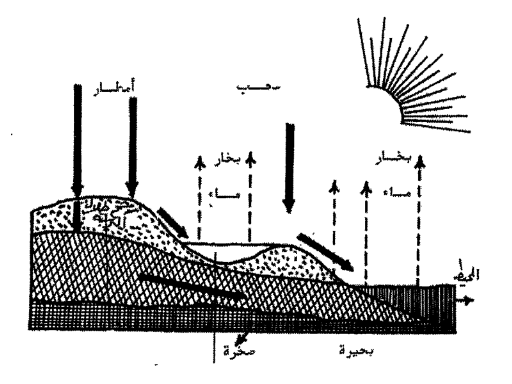
الفصل الثانى

مصـــادر المـــــــــاء

(Sources of Water)

إن المصدر الرئيسى للماء هو مياه الامطار التي تتبخر من البحار والمحيطات وتتكثف على هيئة أمطار تنساب على هيئة قنوات وأنهار أو تتوغل تحت سطح الارض مكونة مياها جوفية .

وعملية تكوين الامطار نتيجة بخر مياة البحار والمحيطات يخضع لميكانيكة دقيقة تعرف بالدورة الهيدرولوجية (The Hydrological Cycle) .
وأنقل هنا ما جاء في كتاب (الماء ودوره في التنمية) للاستاذ الدكتور/ عبد المنعم بلبع - عن الدورة الهيدرولوجية الآتى :



شكل (١) رسم توضيحى الدورة المائية «الهيدرولوچية»

الدورة المائية (The Hydrological Cycle)

الشمس والارض والغلاف الجوى تكون معا الآلة العجيبة التى (تنتج) لنا المناخ ، فالشمس هى الفرن الذى يتحول فيه الوقود إلى طاقة إشعاعية ، والمناطق الحارة من الارض هى « الغلاية » أو « القزان » التى تتحول بها الطاقة إلى حرارة مقيدة وتحرك هذه الحرارة الهواء الجوى لينجز « شغلا وهو مانسميه « بالمناخ » والشغل الناتج عن هذه «الآلة » ضئيل فهو لا يتعدى تحويل ٣ ٪ من الوقود الذى يعطى لها طاقة حركية ، غير أن فى هذه النسبة ما يكفى لتنشأ الرياح التى تنقل ملايين الاطنان من الاتربة وبخار الماء آلاف الكيلو مترات .ويمكن أن يقال أن مناخ الارض يبدأ صنعه فى منتصفها ، إذ تستقبل المنطقة الاستوائيةطاقة شمسية لكل كيلومتر مربع أكثر مما تستقبل المناطق القطبية ، ولو كان الغلاف الهوائي للارض جافاً صافياً، لمرت الحرارة المنعكسة من الارض بما فيها المنطقة الاستوائية سريعا إلي الفضاء ، غير أن ثلاثة أرباع سطح الارض مغطي بالماء ، والسماء فوقها أيضا محملة أيضا ببخار الماء بدرجات مختلفة ، وهذا البخار نعمة خاصة لا غنى عنها للحياة علي سطح الارض ، فبرغم أن الاوكسجين والنتروجين لا يمتصان الحرارة إلا أن الماء ذو قدرة فائقة في هذا المجال، فالحرارة الصاعدة من اليابسة والمحيطات يمتصها بخار الماء وقطراته بالسحب بمعدلات عالية ، ثم يعاد إشعاعها إلي الارض .

ويتحرك الهواء لأن جزءاً منه محمل بالطاقة أكثر من جزء آخر ، فعندما يسخن الهواء تضطرب جزيئاته ويصطدم بعضها ببعض ، ويتمدد الهواء وبذا يقل عدد جزيئاته لكل ١ سم ٣ ويقل بالتالى وزن عمود الهواء ، أو بمعني آخر يقل ضغط عامود الهواء الساخن من عمود نظيره من الهواء البارد وبذا يندفع الهواء البارد - ذو الضغط العالي - مزحزحا الهواء الساخن الى الاتجاه الوحيد الذي يمكنه التحرك فيه بأعلى فالاختلاف في درجات الحرارة يخلق عدم توازن في الضغط يؤدى إلى تدفق الهواء من منطقة ذات ضغط عال إلي أخرى ذات ضغط منخفض ، فالهواء الذي يتمدد يطرد إلي أعلى وينتشر إلي الشمال وإلي الجنوب ، وفي أسفل يتجه الهواء البارد نحو المنطقة الاستوائية ليحل محل الهواء الساخن ، ويصل الهواء الساخن إلي ارتفاع قد يصل إلي ١٠ ـ ١٥ كم

متحركا في مناطق منخفضة الضغط ويبرد هذا الهواء ويسقط نحو الارض من جديد في المناطق الشمالية أو الجنوبية بعد أن يكون قد برد وزاد ضغطه فيبدأ طريقه نحو خط الاستواء مرة أخري ، وهكذا تبدأ الرياح .

ويسقط المطر نتيجة لهذه الآلية المنتظمة :

بخر الماء ـ تكثف قطراته ـ سقوط المطر

وتستهلك $\frac{١}{٣}$ الطاقة الشمسية التي تصل إلي الارض في تبخير الماء بكمية تصل نحو ٩٥ ألف ميل مكعب في السنة. ومن وقت أن تتبخر قطرة من الماء حتي تسقط مطراً على سطح الأرض تكون هذه القطرة قد رحلت آلاف الكيلومترات. ويسقط في كل دقيقة من المطر علي سطح الكرة الارضية ما لا يقل عن بليون طن .

ويحدث تكثف البخار عندما يبرد ، وفي الظروف الجوية توجد علاقة بين درجة الحرارة وبين قدرة الماء علي البقاء في حالة بخار ، وكلما زادت درجة حرارة البخار كلما زاردت حركة جزيئاته ، وعندما تكون الجزيئات في حالة حركة بسرعة مناسبة فإنها تستطيع أن تتزاحم مع بعضها دون أ تلتصق ببعضها أو بالاجسام القريبة منها ، ولذا فالهواء الدافيء يمكنه أن يحتوى قدراً كبيراً من جزيئات البخار ، ولكن إذا برد الهواء الدافيء يمكنه أن يحتوى قدراً كبيراً من الاجسام عند تصادمه بها ، ويبدأ البخار حينئذ في التكثف ، ويحدد مقدار البخار الموجود درجة الحرارة التي يحدث التكثف عندها ، فإن كان عدد جزيئات البخار قليلاً نسبيا ، فإن احتمالات تصادمها حتى في درجة حرارة منخفضة تقل ، بينما إذا كان الهواء مكتظا بجزيئات البخار فإنها تتكثف حتى فى درجة حرارة مرتفعة ، وتسمى درجة الحرارة التى يتكثف عندها مقدار من البخار مختلطا مع مقدار من الهواء (نقطة الندى).

وثمة عامل آخر يؤثر علي تكثف البخار غير درجة الحرارة ومقدار الماء ، وهو سطح ما أو جسم ما يمكن للماء أن يتكثف عليه ، وفي غياب هذه السطوح يبطىء التكثف كثيراً . وقد درس الباحثون وجود هذا السطح واتضح من بعض دراساتهم أن البخار الذى يتكثف نتيجة وجود مقدار معروف منه في مقدار محدد من الهواء يزيد بمعدل أربع مرات عن المقدار الذي يتكثف من نفس مقدار البخار ،

وفي وجود نفس المقدار من الهواء إذا كان هذا الهواء مرشحا أو إذا كان البخار في فراغ بدلا من الهواء .

ترفع الشمس الماء من سطوح البحيرات والبحار والمحيطات ومجارى الانهار علي اختلاف حجومها وما ينتج من النباتات ، وتتكون السحب التى تتحرك فوق اليابسة والماء ، وعندما ترتفع أو تلامس كتلا هوائية أبرد منها تتلاصق جزيئات البخار ولا تستطيع البقاء محمولة في الهواء وعندئذ يسقط المطر أو البرد أو الثلج.

ولو أن الارض كانت تبعد عن الشمس بمقدار ١٥٠ مليون كم لما وجد علي الارض من مزيج الرطوبة الغازية والسائلة والجامدة ولوقلت المسافة بين الارض والشمس بنحو ١٠ ٪ فأصبحت ١٣٥ مليون كم لارتفعت درجة حرارة مياة البحار والمحيطات لدرجة الغليان وتبخرت ، وكذا لو كان مدار الارض يبعد عن الشمس بأكثر من ١٦٦ مليون كم لظل عصر الجليد قائما علي الارض إلى الابد.

ويقدر أن ما يقرب من ٣٩٠-٤٥٠ ألف كم٣ من مياه الكرة الارضية يبخر سنويا ، ومن هذا المقدار ٣٢٨ ألف كم٣ تتبخر من المحيطات والبحار ونحو ٦٠ألف كم٣ من مياه الكرة الارضية يتبخر سنويا. ويسقط علي اليابسة سنويا نحو ١٠٠-١١٤ ألف كم٣ من الامطار فكأن نصيب اليابسة من المطر يفوق ما يبخر منها سنويا .

يبخر الماء من سطح الارض والمسطحات المائية من بحار ومحيطات فتتكون السحب ثم تسقط الامطار فتتدفق المياة على سطح الارض حيث يتبخر مرة أخرى ، أو من النباتات حيث ينتج بخار الماء الذى يتصاعد إلي الغلاف الجوى أو ينفذ خلال الارض فيسيل مع الماء الجوفي إلي البحار مرة أخرى حيث يتبخر مكونا السحاب ، وهكذا فى دورة لانهائية مكونة نظاما مغلقاً نشطا بصفة مستمرة .

تمتص النباتات جزءاً من الماء الذى ينفذ خلال الارض ، وما يبقى منه يرشح في باطن الإرض مكونا الماء الجوفى المخزون في المسافات التى تخلل مواد القشرة الارضية مثل الرمال والحصى ذات المسام الكبيرة ويسحب منها الماء عن طريق حفر الآبار .

وإذا سقط المطر علي تربة غير منفذة فقد يسيل الماء علي سطح الارض في بحيرات وجداول وسيول ، أما إذا كان سطح الارض مساميا أو كانت التربة مغطاة بنباتات تخفف من وقع قطرات الماء المتساقطة ، فإن تسرب الماء إلي باطن الارض يزداد ويقل تدفقه على السطح ، وتنخفض سرعة حركة الماء عندما ينفذ من سطح التربة إلي باطنها، واذا كانت التربة شديدة الاندماج أو تحتوى نسبة كبيرة من الطين ، فقد تبطىء حركة الماء خلالها فلا يصل إلي المياة الجوفية إلا بعد فترة زمنية طويلـــة .

والماء الذى يصل إلي الخزان الجوفى لا يصل منفصلا عن الدورة المائية الطبيعية ، إذ يتحرك هذا الماء الجوفى عائدا إلي المحيط ، ولو أن ذلك قد يحدث ببطء شديد، وقد يصادف الماء بحيرة يبخر ماؤها أو قد يندمج مع مجرى ماء يسيل فوق الارض، وعندما يصل هذا المجرى إلي المحيط يمكن القول أن الدورة المائية الطبيعية قد اكتملت .

وتستمر الدورة الهيدرولوجية دون توقف ، ولا تزال الارض تعيش علي مددها الأصلى من الماء ، وهذا المدد لم يكد ينقص منه شيء حتى اليوم ، فليس هناك دليل مادى يثبت أن الماء يتسرب من الغلاف الجوى إلي الفضاء الجوى الخارجى بحيث يؤدى ذلك عاجلا أو آجلا إلى الاقلال من مخزون الماء فى الارض وتحول كوكبنا إلي صحراء جرداء خالية من الحياة .

من ذلك نجد الآتى :

ماء المحيطات يمثل	٩٧٫٣ ٪
والماء العذب يمثل	٢٫٧ ٪

ومن ذلك :

نجد الجليد بالمناطق القطبية يمثل	٧٧٫٢ ٪
والماء الجوفى يمثل	٢٢٫٤ ٪
ماء البحيرات والمستنقعات	٫٣٥ ٪
في الغلاف الجوى	٫٠٤ ٪

في الانهار والمجارى المائية ٠١ر. ٪

يغطى الماء نحو ٧٥٪ من سطح الكرة الارضية ، ويقدر الحجم الكى علي وجه الارض برقم ضخم نحو ٣٨٦ر١بليون كم٣ وتكون المحيطـــــات ٥ر٩٦ ٪ (٣٣٨ر١ بليون كم٣) من هذا الماء . ومن رأى الباحثين الاقرب للمنطق أن نسمى الكوكب الذى نعيش عليه (المحيط) أو(كوكب الماء). بدلا من كوكب الارض .

الماءالعذب

يكفى المطر الساقط علي اليابسة ليمد كل فرد من سكان الارض بمقدار ٢٢ ألف جالون من الماء العذب النقي يوميا (٨٨ م٣ / يوم) وهو قدر يزيد كثيراً عن حاجة البشر حتى بعد زيادة عددهم ولكن الاهم من متوسط ما يخص الفرد من الماء هو أين يسقط هذا الماء ، ومعروف أن العوامل الجغرافية والرياح تحدد المواقع التى يسقط فيها المطر ، ونحن نعرف أن الامطار تسقط بمعدلات غاية فى الاختلاف فهى علي سبيل المثال تصل إلى نحو ١٢م٣ في جزر هاواى التى تعتبر أغزر مواقع الارض أمطاراً ، بينما لا تزيد عن ملليمترات قليلة أو تنعدم في صحراء النوبة في مصر والسودان .

ويبلغ حجم الماء العذب الذى يجرى بالانهار سنوياً نحو خمسين ألف كم٣ ، يخص النصف الشمالى من الكرة الارضية القسم الاكبر من هذا المقدار .

ويلاحظ أن القسم من الكرة الارضية الغنى بماء الانهار لا يتمتع بدرجة حرارة كافية للنشاط الزراعى ، بينما القسم الذى به حرارة أكبر لا يحتوى ماء كافياً ، ويشمل هذا القسم نحو ٣٣٪ من اوربا و ٦٠ ٪ من آسيا وجميع أستراليا وغرب أمريكا الشمالية و ٣٠ ٪ من أمريكا الجنوبية ويشكل سكان أوربا نحو ٢٠ ٪ من سكان العالم وفيها نحو ٧٪ فقط من موارد الماء العذب أما آسيا ففيها نحو ٦٠ ٪ من سكان العالم و٣١ ٪ من موارد الماء العذب .

فنعمة البشر ليست مقسمة علي البشر بالتساوى ، فعلى الرغم أن المياة العذبة ضرورة من ضرورات الحياة والصحة فإن نصف سكان العالم الثالث محرومون من الماء الصالح للشرب ، وثلاثة أرباعهم محرومون من المرافق الصحية ، وفي نفس الوقت ينجم أكثر من ثلاثة أرباع الامراض التى تصيب الانسان من نقص مياة الشرب والافتقار إلى تلك المرافق .

وفي دراسات العقد المائي الدولي (Int.Hydrology Decade). أوضح الباحثون الروس أن إحتياطى الماء العذب في العالم وفى جملته ماء الانهار والبحيرات والماء الجوفي وحقول الثلج الجليدية والانهار الجليدية يبلغ نحو ٣٥ مليون كم٣ أو نحو ٢٫٥٪ من مجموع ماء الارض ، ولكن الكمية المتاحة من هذا

المقدار بسهولة ويسر أقل كثيراً من ذلك ، إذ أن ٧٠ ٪ من هذا الاحتياطى متجمد بالفعل في ثلوج جليد المنطقة القطبية الشمالية وقارة إنتاركتكا بالقطب الجنوبي وجرينلاند ، ويقدر ما بباطن الارض من الماء العذب بنحو ٥ر ١٠ مليون كم٣ ، ويشكل هذا الاحتياطى أحد المصادر الرئيسية لكثير من البلاد .

. فمشكلة البشرليست عدم كفاية الماء بالارض ، إذ يبلغ جملة الماء بالكرة الارضية نحو ٣٨٦ ر١ بليون كم٣ بل هى أن الماء العذب محدود الكمية ، إذ أن ٩٦٪ من جملة الماء بالكرة الارضية يكون المحيطات والبحار ، أما الماء العذب المتاح للبشر من الماء السطحى بالانهار وهو المصدر الرئيسى فلا يزيد عن ٤٥-٥٠ كم٣ ، وحتى هذا القدر من الماء لا يمكن إستغلاله جميعه ، فالماء العذب القابل للإستخدام سنويا نحو ١٢٥٠٠ كم٣ .

الباب الثاني
نوعية الماء والمواد الملوثة له
والمشاكل الناجمة عنه

الفصل الاول : نوعية الماء

الفصل الثانى : المواد الملوثة الذائبة في الماء

الفصل الثالث : عسر الماء والمشاكل الناجمة عنه

الفصل الاول

نوعيـــــة المـــــــاء

(Water Quality)

يمكن تقسيم المياة بالنسبة لصلاحيتها للاستخدام كالآتى :

١ـ المياة النقية الصالحة للإستعمال (Safe Water)

وهو الماء الخالى من أية جراثيم ومن المواد المعدنية الذائبة التى تكسبه لوناً أو تجعله غير صالح للإستعمال أو غير مستساغ الطعم أو الرائحة ـ أي تتوافر فيه خاصية النقاء (Purity) أي خلو الماء من مسببات اللون والعكارة والطعم والرائحة والصلاحية ـ أي عدم احتوائه علي شيء ضار بالصحة .

٢ـ المياة غير النقية (Polluted Water) أو الملوثة تلوثا طبيعياً

وهى المياه التى تعرضت لعوامل طبيعية أكسبتها تغيرا في اللون والطعم أو الرائحة أو العكارة نظراً لوجود مواد غريبة عضوية ذائبة أو عالقة في الماء ، إلا أن هذا لا يعني تأكيد عدم صلاحية المياة للشرب إذ قد لا يسبب عدم نقائها أية أمراض أو أضرار بالصحة للمستهلك .

٣ـ مياة غير صالحة للإستعمال (Contaminated Water) أو الملوثة

وهى المياه التى تحتوي علي بكتريا أو مواد كيماوية سامة تجعلها ضارة بالصحة العامة نظراً لما تسببه من أمراض مما يؤكد عدم صلاحيتها كمياة الشرب . ولا يوجد الماء فى الطبيعة نقيا صالحا للإستعمال ـ نادراً إذ أن في اللحظة التي تبتدىء ذرات البخار في التكثف إلى قطرات من الماء في الجو لتسقط علي هيئة أمطار إلى الارض ، فأنها تمتص بعض الغازات الموجودة في الهواء ويعلق بسطحها أثناء تساقطها بعض ذرات التراب الدقيقة العالقة فى الجو ، وكذلك بعض البكتريا السابحة في الهواء ، فإذا لامست سطح الارض فإنها إما تسيل علي سطحه ملتقطة أثناء مسيرتها المواد العالقة العضوية وغير العضوية وكذلك

الاعداد الهائلة من البكتريا، كما تذيب أثناء مسيرتها ما قد يقابلها من مواد قابلة للذوبان مثل المواد العضوية المتحللة أو المواد غير العضوية مثل الازوتيت، الكبريتات، والكلوريدات .

أما إذا تسربت المياه داخل الارض فإنها تذيب أثناء تسربها في منسام التربة نسبة من الاملاح التي تقابلها - ويتوقف تركيز هذه الاملاح علي نوع طبقات الارض وتكوينها وسرعة سريان الماء فيها وكذلك علي عوامل جيولوجية أخرى .

والجدول الآتي يبين المواد التي تتواجد في المياه الطبيعية من مصادر مختلفة:

جدول (١) ميـــاه الامطـــار	
مواد عالقة	بعض الشوائب التي تتواجد في الجو عند نزول المطر
مواد ذائبة	الاكسجين ، الازوت ثاني أكسيد الكربون وبعض الاملاح
المياة السطحية	
مواد عالقة	الطين والطمي والكائنات الحية الدقيقة مثل الطحالب والبروتوزوا والبكتريا وكذلك المواد العضوية
مواد ذائبة	الاكسجين ، الازوت ، ثاني أكسيد الكربون ، أحماض عضوية ، نوشادر ، أملاح الكلوريدات الاروتات والكبريتات .
مواد عالقة غروية	مواد ملونة وأحماض ومواد عضوية
المياة الجوفية	
مواد عالقة	بعض الكائنات الحية الدقيقة (نادراً)
مواد ذائبة	أملاح الكربونات البيكربونات ، الكبريتات ، الآزوتات والكلوريدات والهيدروكسيد للمنجنيز والحديد والكالسيوم والصوديوم والغازات مثل الاكسجين والآزوت .
مواد عالقة غروية	السيلكا وأكسيد الحديد

الفصل الثاني

المواد الملوثة الذائبة في الماء

تعتمد نوعية المواد الملوثة للماء علي ماء الامطار والطبيعة الجيولوجية لسطح الارض أو باطنه ، وكذلك علي تعداد السكان ونشاطهم وتنقسم ملوثات الماء إلي نوعين هما : -

١ ـ ملوثات الماء الذائبة .

٢ ـ ملوثات الماء الغير ذائبة .

وملوثات الماء الغير ذائبة يتم التخلص منها عادة بطرق الترسيب والترشيح، كما سيأتى ذكرة فيما بعد ، وإما الملوثات الذائبة ، فهى التي توجد في الماء على صورة أيونات ، إما سالبة إما موجبة (كما في الجدول المرفق) والتى تسبب في مشاكل عسر الماء . وقد تم تحديد هذه الملوثات اختياريا إلي خمسة مجموعات ، الاربعة الأولى منها تعتمد علي التركيز ، أما المجموعة الاخيرة فإنها تغطى تلك المواد التى عادة ما تكون مؤقتة أو عابرة (transient) لانها فى تفاعل مستمر في المحيط المائي مما يترتب عليه اختلاف مستمر في تركيزها .

وفيما يلى جدول (٢) يبين الاملاح الذائبة في الماء تماما والمتأينة بشحنات موجبة مثل جزىء الكالسيوم (Ca^{++}) وسالبة الكبريتات (SO_4^{--})

جدول (٢)
الأيونات الذائبة فى الماء

Cations		Anions	
Ca^{++}	Calcium	HCO_3^-	Bicarbonate
Mg^{++}	Magnesium	CO_3^{--}	Carbonate
Na^+	Sodium	SO_4^{--}	Sulfate
K^+	Potassium	CI -	Chloride
Fe^{++}	Ferrous Iron	NO_3^-	Nitrate
Fe^{+++}	Ferric	PO_4^{---}	Phosphate
H^+	Hydrogn	OH -	Hydroxide

جدول (٣)

يبين التقسميات المختلفة للأملاح الذائبة في الماء والتي تعتمد علي تركيزها

Soluble Material in Water Supplies			
Class 1	Primary Constitments - generally over 5 mg / L		
	Bicarbonte	magnesium	sodium
	Calcium	Organic matter	Sulfate
	Chloride	Silica	Total dissovled solids
Class 2	Secondary Constitunts - Generally over 0.1mg/ L		
	Ammonia	Iron	Potassium
	Borate	Nitrate	Strontium
	Fluoride		
Class 3	Tertiaty Constituents - Generally over 0.01mg/ L		
	Aluminum	Copper	Phosphate
	Arsenic	Lead	Zinc
	Barrium	Lithium	
	Bromide	Manganese	
Class 4	Trace Constituents - Generally less than 0.01mg/ L		
	Antimony	Cobalt	Tin
	Cadmium	Mercury	Titanium
	Chromium	Nickel	.
Class 5	Transient Constituents		

وفى هذه الدراسة سوف يتم التركيز على أهم الاملاح الذائبة التى تسبب عسر الماء .

المجموعة الاولى ـ المكونات الاساسية

وهذه تشمل المواد الصلبة الذائبة والتى يتعدى تركيزها ٥ مليجرام / لتر وقد يتجاوز هذا التركيز بكثير .

١ـ مجموعة البيكربونات (HCO_3^-) Bicarbonate

أيون البيكربونات هو المكون القلوى لمعظم مصادر المياه ويوجد عــادة مــن ٥ -٥٠٠ مليجرام / لتر في صورة بيكربونات الكالسيوم ($CaHCO_3$) ، ويوجد فى الماء عن طريق فعل الاذابة للبكتريا المولدة لثانى أكسيد الكربون ((CO_2)) من المعادن المحتوية على الكربونات ، وكذلك النشاط الطبيعى للتعداد السكانى يعمل على إدخال مواد قلوية إلي الماء ، والقلوية في مصادر ماء الشرب نادراً ما تزيد عن ٣٠٠ مليجرام / لتر ، والتحكم فى القلوية له أهمية كبيرة في الكثير من الاستخدمات الصناعية بسبب الثبات الملموس لكربونات الكالسيوم ـ والتحكم في القلوية هام جدا آيضا في ماء تغذية الغلايات والمبردات لذلك يلزم معالجة الماء المستخدم لخفض القلوية .

أ -كربونات وبيكربونات الكالسيوم

الكالسيوم هو العنصر الأساسى المسبب للعسر وعادة يكون من ٥ -٥٠٠ مليجرام / لتر لكربونات كالسيوم -- وكالسيوم ٢ ـ ٢٠٠ مليجرام / لتر ويوجد فى كثير من المعادن ، وأساساً في الحجر الجيرى (Lime stone) والجبس (Gypsum) ، ورواسب الحجر الجيرى هي غالبا البقايا المتحجرة للكائنات الدقيقة المائية .

ويحتوى الماء غالبا على ثانى أكسيد الكربون أو شاز حامض الكربونيك (Carbonic acid) ، وعند مرور الماء المحتوى على الغاز على الحجر الجيرى ، فإنه يعمل كحامض تجاه كربونات الكالسيوم مكونا بيكربونات الكالسيوم كما فى المعادلة :

$$CaCO_3 + H_2O \xrightarrow{+ CO_2} Ca(HCO_3)_2$$

وكلما كان هناك كفاية من ثانى أكسيد الكربون في الماء ، فإن هذا الملح يظل فى المحلول ، ولكن لو أن هذا الغاز تم التخلص منه بالغليان ، لبدأ التفاعل العكسى مكونا كربونات الكالسيوم وثانى أكسيد الكربون ، وحيث أن كربونات الكالبسيوم شحيحة الذوبان في الماء فإنها تنفصل من المحلول كمادة صلبه بيضاء متبلورة.

ويتم التخلص عادة من الكلسبوم في العمليت الصناعية وكذلك الغلايات والمبردات ، ويمكن خفض تركيز الكالسيوم إلى مستوى ٣٥ مليجرام / لتر كربونات كالسيوم بواسطة عمليات التنقية (Lime - Soda softening) علي البارد ، وأقل من ذلك إلى ٢٥ مليجرام / لتر بواسطة المعالجة بالتيسير بالصودا والجير أيضا على الساخن .

أما الوصول إلى ١ مليجرام / لتر فيستخدم طريقة التبادل الكتيونى . (Cation Exchange)

ب ـ كربونات وبيكربونات الماغنسيوم

يتشابه الماغنسيوم مع الكالسيوم في أسلوب تكوين البيكربونات من الكربونات ، فالماء الذى يحتوى علي ثانى أكسيد الكربون يذيب كربونات الماغنسيوم بنفس الاسلوب مكونا بيكربونات الماغنسيوم ، إلا أن كربونات الماغنسيوم أكثر إذابة بكثير من كربونات الكالسيوم والتى تتكون تحت نفس الظروف ، لذلك لكى يمكن التخلص من الماغنسيوم قبل تغذية الغلايات ، يلزم أن يتم تحويله إلى مركب شديد الاذابة مثل الهيدرات أو الهيدروكسيد . (Hydrate or hydroxide)

وعسر الماء نتيجة للمغنسيوم يكون عادة ثلث العسر الكلى ، أما الجزء الباقى (الثلثين) يرجع إلى عسر الكالسيوم . والماغنسيوم فى الماء يكون في حدود ١٠ - ٥٠ مليجرام / لتر (حوالي ٤٠ - ٢٠٠ مليجرام / لتر كربونات كالسيوم) في ماء البحر يكون تركيز الماغنسيوم خمسة أضعاف الكالسيوم علي أساس الوزن المتكافىء (equivalent basis) .

وحيث أن كربونات الماغنسيوم أكثر إذابة بدرجة محسوسة عن الكالسيوم فمن النادر أن يكون المكون الرئيسي للقشور (scale) . ومع ذلك فإنه يلزم إزالته أثناء عمليات المعالجة مع الكالسيوم في مياة تغذية الغلايات أو العمليات الصناعية ، ومن الممكن إزالته بواسطة المعالجة بالجير (Lime Softening) إلى ٣٠ - ٥٠ مليجرام / لتر ككربونات كالسيوم أو ١ - ٢ مليجرام / لتر ككربونات كالسيوم ساخن ، كما يتم إزالته أيضا بالتبادل الايونى إلي المستوى

١ مليجرام / لتر كربونات كالسيوم .

٢ - كبريتات الكالسيوم والماغنسيوم

أ - الكبريتات (Sulphate SO_4^{--})

مجموعة الكبريتات تذوب في الماء من بعض المعادن خاصة الجبس ومعدلها عادة من ٥ إلى ٢٠٠ مليجرام لتر . والمعدل العالي المقترح لماء الشرب ٥٥٠ مليجرام / لتر ، وهذا يعتمد علي الطعم وتأثيره الملين ، ولأن كبريتات الكالسيوم لاتذوب نسبيا - أقل من ٢٠٠ مليجرام / لتر فإن وجوده فى الماء يكون غير مرغوب فيه خاصة عند استخدامه في تغذية الغلايات .

وكبريتات الكالسيوم (الجبس Gypsum) تحتوى علي كمية من الماء في بلوراتها. ولو أن هذا الماء قد استخلص منها ، فإنه يتكون (Plaster of Paris) والرابطة في هذه المادة ترجع إلي قدرتها على إمتصاص الماء ثانية وإعادة البلورة . وكبريتات الكالسيوم شحيحة الذوبان فى الماء عند درجة الحرارة العادية وعندما ترتفع درجة الحرارة أعلى من الغليان تحت الضغط الجوى ، فإن كبريتات الكالسيوم تصبح أقل إذابة وحيث أن الماء فى غلايات البخار يتركز تحت ضغط عالى وحرارة فإن الجبس يترسب علي هيئة قشور ناعمة وقوية جدا .

وكبريتات الماغنسيوم لها رمز ($Mg\ SO_4$) ويعرف عادة بإسم ملح أبسم(Epsom Salt) وهو ملح شديد الذوبان لو أنه وجد وحده في الغلايات فإن تأثيره الوحيد أنه يتفاعل مع الماء نفسه . وكبريتات الماغنسيوم عند تواجده بين الماء وسطح الغلاية فإنه يتفاعل مع الماء لينتج هيدروكسيد الماغنسيوم وحامض الكبريتيك . وهيدروكسيد الماغنسيوم عديم الاذابة (very Insoluble) ويكون قشور ، وحامض الكبريتيك عامل مؤكسد قوى (very Corrosive) وسوف يهاجم معدن الغلاية ويدمرها والتفاعل الكيمائي كالاتى :

$$Mg(OH)_2 + H_2SO_4 \text{ --------> } MgSO_4 + 2H_2O$$

٣ـ كلوريد الماغنسيوم (Magnesium Chloride)

يذوب معظم أملاح الكلوريد بشدة في الماء وأملاح الكلوريد توجد عادة فى ماء الشرب من ١٠ ـ ١٠٠ مليجرام / لتر ، أما في ماء البحر فإنها تصل إلي حوالي ٣٠٠٠٠ مليجرام / لتر كملح كلوريد الصوديوم(NaCl) أما في ماء الصرف فيصل إلي ٥٠ مليجرام / لتر وفي ماء الشرب فإن أعلى معدل حوالى ٢٥٠ مليجرام / لتر .

وكلوريد الماغنسيوم رمزه الكميائى ($MgCl_2$)وهو ملح شديد الإذابة في الماء ، ويتفاعل معه مكونا هيدروكسيد الماغنسيوم كما في المعادلة:

$$MgCL_2 + 2H_2O \longrightarrow Mg(OH)_2 + 2HCL$$

وحامض الهيدروكلوريك المتكون له تأثير علي حديد جدران الغلايات حيث يتسبب في التآكل والصدأ ولو أنه تكون بكمية كبيرة فإنه يتصاعد مسببا صدأ في أجزاء أخرى.

٤ ـ أملاح الصوديوم (Sodium Salts)

كلوريد الصوديوم (Sodium Chloride)

يعتبر ملح كلوريد الصوديوم المكون الأساسى لملوحة ماء البحر وهو ملح شديد الإذابة فى الماء ورمزه الكميائى (NaCl) ويعرف ملح كلوريد الصوديم بملح الطعام ، وهذا الملح ليس له أي تأثير ضار داخل الغلايات .

وملح كربونات الصوديوم (Na_2CO_3) يعرف بملح صودا الغسيل (Soda Washing) أو الصودا أش . وهذا الملح عندما يذوب في ماء يحتوى علي ثانى أكسيد الكربون فإن جزء منه يتحول إلي بيكربونات الصوديوم ، وبيكربونات الصوديوم عند التسخين تتحول مرة أخرى إلي ثانى أكسيد الكربون ويتكون الكربونات مرة أخرى.

٥ ـ السيلكا (SiO_2)

السيلكا هي مادة غير معدنية (non metal) وتوجد عادة فى معظم المعادن وتوجد

في ماء الشرب من ١ ـ ١٠٠ مليجرام / لتر ،.وتزداد نسبة السيلكا عند التكاثر الموسمى للدياتوم (Diatom) وهو طحلب من خلية واحدة جدرانه مشبعة بالسيلكا وكذلك هياكله . وتعتبر السيلكا مادة غروية (Colloidal) لأن تفاعلها مع مادة إدمصاص (adsorbent) مثل أوكسيد الماغنسيوم (MgO_2) أو هيدروكسيد الحديد $Fe(OH)_2$ وتظهر خصائص مطابقة تماما للغرويات .

والسيلكا غير مرغوب فيها عند التركيز العالى في ماء التعويض فى أبراج التبريد وذلك لعدم التأكد من حدود إذابتها . كما أنها غير مرغوب فيها أيضا في ماء التعويض للغلايات ليس فقط لأنه قد تكون قشور علي الغلاية نفسها ، ولكن تتطاير عند درجات الحرارة العالية ويعاد ترسيبها علي مرواح التربينة .

مجموع المواد الصلبة الذائبة (Total dissolved Solids)

حيث أن هذا مجموع كل المواد الذائبة في الماء ، فإنها ذات مصادر متعددة ومعدلها عادة من ٢٥ - ٥٠٠٠ مليجرام / لتر . والحدود المقترحة لمصادر الماء العامة ، وعلي أساس صلاحيتها للشرب هي ٥٠٠ مليجرام / لتر .

والتأثير الأساسى للمواد الصلبة الذائبة في العمليات الصناعية هو الحد من المدى الذى تستطيع فيه الماء أن تتركز إلي أن تصرف .

والتركيز العالى يؤثر على طعم المشروبات . كما تؤثر علي عمليات سرعة تكوين الصدأ نظرا للتوصيل الكهربائى المرتبط بها ولخفض نسبة المواد الذائبة فيتم عن طريق التخلص من مكوناتها منفردة .

الامونيا (Ammonia)

الامونيا غاز شديد الإذابة فى الماء ، ويتفاعل مع الماء ليتكون هيدروكسيد الامونيوم ، وهذا الاخير يتحلل في الماء مكونا أيون الأمونيا الموجب(NH_4^+) والهيدروكسيد السالب $(OH)^-$ وعند أس هيدروجينى(pH) لمعظم مصادر المياه ،

فإن الامونيا تكون عادة متأينة كما في المعادلة:

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4OH \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

الامونيا إحدى المكونات المؤقتة في الماء حيث أنه جزء من دورة النتروجين والتى تتأثر بالنشاط البيولوجي . والامونيا منتج طبيعى من تفكك المركبات العضوية النتروجينية ، وتكون هذه المركبات بداية مواد بروتينية متباينة ، والتى قد تتحول إلي بروتين حيوانى والعائد من المواد البروتينية إلي البيئة من خلال موت الكائنات أو من خلال تحلل مخلفاتها تنتج المركبات العضوية البيولوجية والتى تحدث أيضا في محطات معالجة مياة الصرف الصحى. والأمونيا عنصر شائع فـي مـياه الـصرف الـصحـى والـذى يـكـون تـركـيـزه عـادة مـن ١٠-٢٠ مليجرام/لتر.

كما تستخدم أملاح الامونيا لخصوبة الأرض(Fertilizer) والأمونيا تتأكسد بتأثير البكتريا أولا لتكوين النيتريت (Nitrite) ، ثم بعد ذلك إلى النيترات ، لذلك فإن التركيز يتغير بإستمرار من نتائج تفكك المركبات النتروجينية العضوية ثم نتيجة تحويلها إلي النيتريت .

والتركيز الطبيعى لمعظم مصادر المياه السطحية من ١ر٠-٠٠ر١ مليجرام/لتر محسوب كنتروجين (N2) . ومن غير المألوف أن توجد فى مياة الآبار حيث أنها تتحول إلي النيتريت بتأثير بكتريا التربة ، وتركيز الأمونيا ليس محكوما بالمعدلات القياسية لمياه الشرب ، فالامونيا تساعد علي صدأ سبائك النحاس (Copper alloys) لذلك ، فإن تحديد تركيزها هام جدا بالنسبة لمياه تغذية أبراج التبريد والغلايات .

ويمكن إزالة الأمونيا بواسطة عملية التخلص من الغازات (degasification) والتبادل الكتيونى (Cation - exchange) علي دورة الهيدروجين ، وكذلك بواسطة الإمتصاص لبعض أنواع الطمى (Clays) أو عن طريق النشاط البيولوجي .

الفلوريدات (Florides)

أملاح الفلوريد مكون أساسى لكثير من المعادن ويشمل الأبتيت (Apatite) والميكا (Mica) ، وتضاف بعض أملاح الفلوريد إلي ماء الشرب بنسبة من ٥ر١-٥ر٢ مليجرام/لتر لحماية الأسنان من التسوس ، وزيادة النسبة عن ذلك تكون ضارة .

وتوجد أملاح الفلوريد بنسبة عالية فى صرف مصانع الزجاج وكذلك صناعة الحديد وتستخدم طرق الترسيب بالجير لخفض التركيز إلي ١٠-٢٠ مليجرام/لتر كما يمكن خفض التركيز عن طريق التبادل الأيونى .

الحديد ($Iron\ Fe^{-2}\ \&\ Fe^{-3}$)

ويوجد الحديد في كثير من الصخور البركانية ومعادن الطمى(Clay minerals) فى غياب الأكسجين ، يذوب الحديد بسهولة في الحالة المختزلة ، وعندما يتأكسد في وسط أس هيدروجينى من ٧ إلى ٥ر٨، فإن الحديد في هذه الحالة عادة ما يكون عديم الإذابة ، وقد يصل التركيز إلى ٣ر. مليجرام/لتر وهو الحد الأقصى حسب معدلات ماء الشرب . ولأن الحديد لا يذوب عندما يكون مؤكسد تماماً ، فإن الحديد المتبقى الحقيقى (actual residual iron) بعد المعالجة يتم معيرته بواسطة كيفية تجميع الحديد (Colloidal Iron) وترشيحه من الماء .

الفصل الثالث

عسر الماء والمشاكل الناجمة عنه

(Water Hardlness
And Problems Caused by Impure Water)

يسمي عسر الماء (Hard Water) اذا احتوى نسبة عالية من آملاح الكالسيوم أو الماغنسيوم أو الحديد أو الامونيوم - إلا أن أهم الأملاح المسببة لعسر المـــــاء هى : -

١ ـ كربونات الكالسيوم وتذوب في الماء حتى ١٥ جزء فى المليون .

٢ ـ بيكربونات الكلسيوم وتذوب في الماء حتى ٣٨٥ جزء في المليون .

٣ ـ كربونات الماغنسيوم وتذوب في الماء حتى ٧٢٠ جزء في المليون .

٤ ـ بيكربونات الماغنسيوم وتذوب في الماء حتى ١٩٥٠ جزء فى المليون .

٥ ـ كبريتات الكلسيوم وتذوب فى الماء حتى ٢٠٠٠ جزء في المليون .

٦ ـ كبريتات الماغنسيوم وتذوب في الماء حتى ٣٤٥٠٠٠ جزء في المليون .

أما أملاح الحديد والألومنيوم فنادرا ما تتواجد في الماء للدرجة التى تسبب عسرا ملحوظا . وتختلف درجات عسر الماء تبعا لكمية الاملاح المسببة للعسر وهناك أيضا الاملاح المسببة للطعم .

ويمكن تقسيم الماء بالنسبة لعسرة للدرجات الآتية : ـ

١ ـ ماء يســــــــــر : وهو الذي يحتوى علي الاملاح المذكورة أعلاه بحد أقصى أقل عن خمسين في المليون .

٢ ـ ماء متوسط العسر : وهو الذى يترواح فيه تركيز الأملاح بين خمسين ومائة وخمسين جزء في المليون .

٣ ـ ماء شديد العسـر : وهو الذى يحتوى على أملاح مسببة للعسر بتركيز أكبر من ثلاثمائة جزء فى المليون .

كما يقسم العسر في الماء إلى نوعين

١ ـ عسرة الكربونات الناتجة عن وجود أملاح البيكربونات . وتعرف عسرة الكربونات بالعسرة المؤقتة حيث يتم إزالتها بالتسخين الذى يسبب تصاعد غاز ثانى أكسيد الكربون ومخلفاً وراءه الكربونات التى لا تذوب فى الماء.

$$Ca(HCO_3)_2 + \text{تسخين} \longrightarrow CaCO_3 + CO_2 + H_2O$$

٢ - العسر المستديم نتيجة لوجود أملاح الكبريتات

فالماء العسر له أثار ضارة علي كل من الاستخدمات المنزلية والشرب وكذلك علي الاستخدامات الصناعية وذلك كالاتي :

أ - مضار عسر الماء في الاستخدامات المنزلية والشرب

١ـ إزدياد استهلاك الصابون وذلك لان الماء العسر لا يحدث رغوة سريعة مع الصابون بسبب تفاعل الاملاح المسببة للعسر مع المركبات الدهنية الموجودة في الصابون وتقدر الزيادة في استهلاك الصابون بحوالي مائة جرام لكل متر مكعب ماء استعمل في الغسيل وذلك لكل ارتفاع في عسر الماء قدره جزء في المليون.

٢- يسبب غسيل الملابس بالماء العسر نقصا في متانة الأقمشة مما ينقص بقائها صالحة للاستعمال حوالى ٢٥٪ من عمرها الأصلى .

٣ ـ يفقد الماء قدرته علي التنظيف إذ تسد أملاح الكالسيوم كل مسام الأقمشة والجلد .

٤ ـ يتعارض عسر الماء مع عمليات طهى وتعليب الأطعمة ، أذ يكسب الطعام لونا وطعما غير مستساغ ويزيد الزمن لطهيه .

٥ ـ يؤدى إستعمال العسر للشرب إلى الاصابة بالاضطربات المعوية كالأسهال وغيره .

ب ـ المشاكل التى يسببها عسر الماء في الصناعة

يتسبب عسر الماء في كثير من المشاكل فى العمليات الصناعية مثل صناعة الورق والحرير الصناعى وكذلك تجهيز المنسوجات كما أن لعسر الماء تأثير علي كثير من مشاكل صباغة الأقمشة القطنية نتيجة لتكوين مواد صمغية غير ذائبة مع بعض فصائل الصبغات ينتج عنه اختلاف في درجات تجانس الألوان وكذلك درجات الثبات. إلا أن أهم المشاكل الأساسية التى يسببها عسر الماء يمكن تلخيصها فى الآتى :

١ ـ ترسيب الاملاح على جدار الغلايات مكونا قشور ورواسب صلبة
(Scale and Deposit Formation)

٢ ـ حدوث تأكل في الاجزاء المعدنية (Corrosion) والتأكل يحدث عادة في الأماكن المعرضة أو التى تتعامل مع الماء العسر ، إلا أن أخطر أنواع التأكل هو الذى يصيب الغلايات وخطوط الراجع (تكثيف البخار) .

٣ ـ التشقق الصوديومى (Caustic Cracking "Embritlement") ويحدث عادة في داخل الغلايات .

وفيما يلي سوف نتعرض لكل من هذه المشاكل : ـ

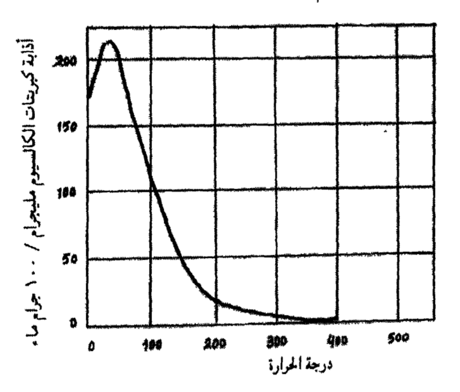
١ ـ تكوين القشور والرواسب
(Scale and Deposit Formation)

من المشاكل الجسيمة التى يسببها الماء الغير معالج داخل الغلايات هو تكوين القشور الصلبة على أسطح التسخين . والقشور التى تتكون لها معامل توصيل حرارى منخفض (Thermal Conductivity) والتى لا تسمح بالتبريد المناسب لسطح المعدن التى تتكون عليه ، كما أنه يعوق مسار الماء. ورواسب القشور تسبب فاقداً فى الوقود وكذلك تسخيناً زائداً لأسطح الغلاية والتي تصبح قابلة للتشقق وانبعاج قد يؤدى إلى الأنفجار. وترسيب القشور يسبب بالتالى زيادة في تكاليف الوقود نتيجة للتوصيل الغير جيد.

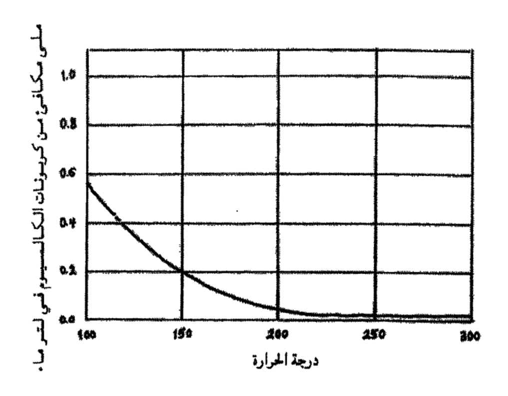
والقشور المتكونة وما يتبعها من ترسيبات أخرى تنتج عندما يزيد تركيز

الأملاح عن درجة إذابتها . وأكثر المناطق قابلية لتكوين القشور داخل الغلاية هى مواسير الماء والفرن ؛ حيث تكون معدلات الانتقال الحرارى وتبخير الماء مرتفعة . وفي الغلايات يتم تكوين القشور والرواسب حسب الميكانيكيات الآتية : -

١ - ارتفاع تركيز الأملاح الذائبة، وهذا يحدث أثناء التبخير في الغلاية عندما تترسب وتتبخر الأملاح ذات درجة الإذابة المنخفضة - وعلي سبيل المثال، أملاح الكالسيوم والماغنسيوم. فعند أرتفاع درجة الحرارة يحدث تأثير عكسى للإذابة، أى أنخفاض الإذابة مع ارتفاع درجة الحرارة. والشكل (٣،٢) يبين تأثير أرتفاع درجات الحرارة علي أنخفاض الإذابة لكبريتات وكربونات الكالسيوم.



شكل (٢) يبين أنخفاض إذابة كبريتات الكالسيوم مع أرتفاع درجات الحرارة



شكل (٣) يبين أنخفاض إذابة كربونات الكالسيوم
مع أرتفاع درجات الحرارة

٢ ـ تكوين أملاح أقل إذابة ، كما في المعادلة

$$Ca(HCO_3)_2 + \text{حرارة} \longrightarrow CaCO_3 + CO_2 + H_2O$$

٣ ـ إتساخ الأسطح نتيجة تكوين القشور وتثبيتها حرارياً بارتفاع درجة الحرارة بجانب ترسيب بعض نواتج الصدأ على أسطح التسخين.

تأثير تكوين القشور على اسطح التسخين فى الغلايات

فى الغلايات يتم تذرية (automization) السولار أو المازوت فى ماسورة اللهب ليجعل الاحتراق كاملاً. ولكى نرفع كفاءة الاحتراق فإنه يتم الآتى:

١- رفع درجة حرارة الوقود الداخل من ١١٠-١٢٠°م لكى يقلل كثافته ويسهل عملية التذرية.

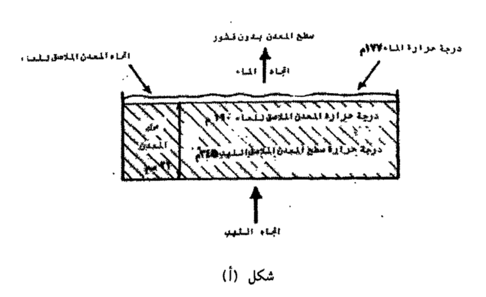
٢- تسخين الهواء الداخل أيضاً إلى ١١٠°م وفى هذه الحالة فإن درجة الحرارة تصبح من ١٥٠٠ إلى ١٨٠٠°م وفى نفس الوقت تكون نفس درجة حرارة سطح ماسورة اللهب المعرضة للحرارة.

فى الجانب الآخر وهو سطح ماسورة اللهب المعرضة للماء تكون درجة الحرارة نتيجة لتبريد الماء ٢٨٠°م.

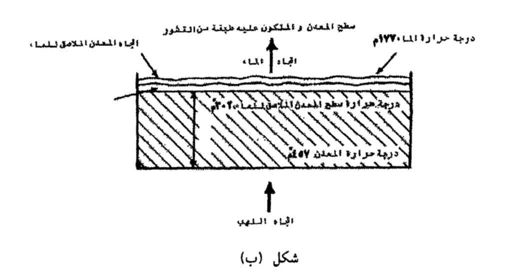
وفى هذه الحالة فإن سطح فيلم الماء الملامس لسطح الماسورة يتحول إلى بخار ويرتفع ليحل محله فيلم آخر من الماء ويتكون بذلك ضغط البخار.

عندما يبدء تكوين طبقة من القشور على سطح المعدن الملاصق للماء تقل درجة التبريد وترتفع درجة حرارته تدريجياً وبزيادة سمك طبقة القشور ترتفع درجة حرارة المعدن حتى تصل إلى درجة ليونته. وبتأثير ضغط البخار يبدء المعدن فى الانبعاج وتكون ما يسمى "بالبيضة" (Egging) وكلما زاد سمك القشور زاد حجم البيضة حتى تصل إلى درجة يحدث عندها تبخير مفاجئ (Flash evaporation) حيث يتحول الماء بكميات كبيرة إلى بخار وبالتالى يتضاعف الحجم وينتج عنه أنفجار للغلاية.

والشكل (٤) ويبين تأثير تكوين القشور على سطح المعدن



شكل (أ)



شكل (ب)

شكل (٤) يبين تأثير وجود طبقة من القشور علي سطح المعدن ، حيث نلاحظ في الشكل (أ) أن درجة الحرارة عند سطح التسخين ٣٤٥° بينما عند السطح الملامس للماء ١٩٠° م .

أما في حالة تكوين طبقة من القشـــــور (شكل ب) فأن درجة الحرارة جانب الماء وصلت إلي ٣٠٢° م مما يسبب تسخيناً زائداً .

٢ـ التآكل : (Corrosion)

يقصد بالتآكل التحلل الكيميائى للمواد المعدنية فاقدة قوتها ومتحولة إلي مواد هشة . وقد يحدث التآكل الكيميائى (Chemical Corrosion) بفعل تفاعل بعض المواد الكيميائية مع السطح المعدنى، كما هو الحال مع الاحماض والأكاسيد الحامضية ، أو تفاعل الكلور مع القصدير والماغنسيوم ، أو التفاعل بين الأسطح المغدنية والأكسجين الجوى . وعموما ، فإن التآكل ناجم عن حدوث بعض التفاعلات الكهروكميائية الشبيهة بالتفاعلات التى تحدث في الخلايا الكهربائية.

ويحدث التآكل الكيميائي تحت جميع الظروف ولكن بدرجات متفاوتة معتمداً على العديد من العوامل الخارجية المحيطة به والعوامل التركيبية المتعلقة بالمعدن نفسه. وتعتبر ظاهرة التآكل من أخطر المشاكل التى تواجه الصناعة عموما ، والصناعات الكيميائية بشكل خاص وذلك لأن معظم العمليات الكيميائية تضم واحد أو أكثر من العوامل أو المواد المسببة للتآكل مثل الأكسجين والماء والأحماض وغيرها .

أنواع التآكل

يوجد نوعان رئيسان من التآكل هما :

١ ـ التآكل الكيميائى والذى سوف نتكلم عنه .

٢ ـ التآكل الفيزيائى ، والذى يعرف بالتعرية (Erosion)

حيث يفقد الجزء المعدنى طبقات سطحية بشكل تدريجى نتيجة للإحتكاك المباشر مع المواد الصلبة وهذا يحدث في الكثير من الصناعات مثل صناعة الأسمنت والحديد والصناعات الكميائية المتضمنة المواد الصلبة .

بالنسبة إلي التآكل الكيميائى فإنه ينقسم إلى نوعين رئيسين هما :

أ ـ التآكل الكيميائى المباشر ويعرف أيضا بالتآكل الجاف (dry corrosion).

ب ـ التآكل الكيميائى غير المباشر أو الرطب (Wet Corrosion).

أ- التآكل الكيميائى المباشر (الجاف)

نظرية التآكل الكميائى (Theory of chemical corrosion)

يحدث التآكل الجاف بالتفاعل المباشر بين المعدن والمواد المسببة للتآكل مثل الاوكسجين والهالوجينات والكبريت والأكاسيد الحامضية وغيرها ونتيجة لذلك يتغطي سطح المعدن بطبقة من المركبات الناتجة من مثل هذه التفاعلات كأكاسيد المعادن أو كبريتيداتها وعندما يزداد سمك هذه الطبقة تظهر التشققات والنتيجة يزداد السطح المعرض للتآكل وهكذا يستمر التآكل إلي أن يظهر بشكل ثقب أو شقوق كبيرة. ومن المعروف أن درجة التآكل الجاف تعتمد علي خواص الأغشية المتكونة على سطح المعدن حيث تتميز بعض المعادن بقابليتها على تكوين أغشية رقيقة تحيط بالسطح وبذلك تمنع من تعرض المعدن إلى المزيد من تفاعلات التآكل. ومن الأمثلة على ذلك أوكسيد الألومنيوم حيث يغطى سطح الألومنيوم ويتغطى الرصاص بطبقة من كربونات الرصاص ويتغطى الكروم بطبقة من أكاسيد الكروم الواقية والمقاومة لفعل التآكل ويتغطى الفضة والحديد بطبقة من كلوريد الفضة وكلوريد الحديد. ويتغطى النحاس بطبقة من كبريتات النحاس القاعدية أو كلوريد النحاس وخاصة عندما يتعرض لأكاسيد الكبريت والهالوجينات. ويمكن تفسير ميكانيكية حدوث هذا النوع من التفاعلات في ضوء ظاهرة الاهتزاز الكيماوى) (Chemisorption حيث تنتقل الإلكترونات من المعدن إلى الأوكسجين لتكوين أوكسيد المعدن ولاتخلو معظم الأكاسيد المعدنية من عيوب إما بلورية أو فراغية أو الكترونية وتكون السبب في استمرار تفاعلات التآكل حيث يعتمد نمو طبقة الأوكسيد على مثل هذه العيوب وعليه فإن سرعة تآكل المعادن في الظروف الجافة تعتمد علي خاصية التوصيل الأيونى والإلكترونى لأكاسيد المعادن. وهكذا نلاحظ زيادة سمك الغشاء الأوكسيدي مثلاً عند تسخين المعدن. وعموماً يعتبر تأكسد المعادن من أهم أنواع التآكل الكيمياوى المباشر ويعتبر تكوين الصدأ للحديد من الامثلة المعروفة عن الأكسدة حيث أن صدأ الحديد عبارة عن أوكسيد الحديديك المائى $Fe_2O_3xH_2O$ حيث يتكون الصدأ بفعل وجود الأوكسجين الجوى وبخار الماء وثانى أكسيد الكربون وبموجب المعادلات الكيميائية الآتية:

$$1/2\ O_2 + 2CO_2 + H_2O \xrightarrow{Fe_2O_3.xH_2O} Fe(HCO_3)_2$$

$$2Fe(HCO_3)_2 + 1/2\ O_2 \longrightarrow 2Fe(OH)(CO_3) + 2CO_2 + H_2O$$

$$2Fe(OH)(CO_3) + H_2O \longrightarrow 2Fe(OH)_3 + 2\ CO_2$$

$$2Fe(OH)_3 \longrightarrow Fe_2O_3 . 3H_2O$$

ومايؤيد هذه الميكانيكية لتكوين صدأ الحديد هو إحتواء الصدأ علي نسبة من بيكربونات الحديدوز والحديديك إضافة إلي أوكسيد الحديديك .

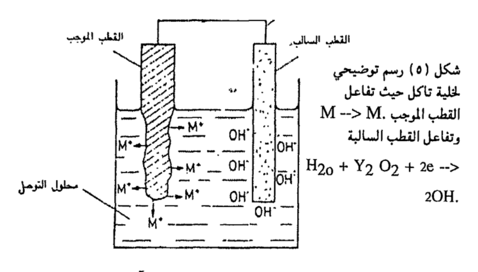
وتقسم المعادن نسبة إلي طبيعة أكاسيدها إلي مجموعتين أساسيتين هما مجموعة الفلزات القلوية والقلوية الترابية مثل الصوديوم والبوتاسيم والماغنسيوم حيث طبقة الأوكسيد المعدنى هشة ومسامية بذلك تكون غير واقية لسطح المعدن فإن تفاعلات التأكسد تستمر بسبب سهولة إنتشار غاز الاوكسجين عبر طبقة الأوكسيد المسامى . أما المجموعة الثانية من المعادن والتى تعرف بالمعادن الثقيلة والألومنيوم حيث تمتاز أكاسيدها بكونها صلدة وغير مسامية إذ تعرقل تسرب الأوكسجين خلالها لذلك تساهم في تقليل سرعة التأكسد حيث تسلك الطبقة الأوكسيدية بمثابة غشاء واقي للمعدن ولكن بزيادة سمك الغشاء يتولد نوع من الأجهاد الداخلى مسبباً التشقق وبذلك تعتبر هذه الشقوق الصغيرة بمثابة منفذ للأكسجين لحدوث المزيد من تفاعلات الأكسدة .

ب- التآكل الكيميائى الغير مباشر (الرطب)

أما التآكل الكيميائى غير المباشر فيحدث نتيجة التلامس بين سطح المعدن ومحلول سائل وعموما يعزى هذا النوع من التآكل إلى حدوث بعض التفاعلات الكهروكيماوية . من مبادىء الكيمياء الكهربائية حدوث ما يعرف بجهد القطب (Electrode Potential) فعندما يغمر جزء معدنى في محلول أحد أملاحه مثل النحاس في محلول كبريتات النحاس أو عند غمر قطب من الخارصين في محلول كبريتات الخارصين فعند وجود قطبين مختلفين فى الجهد القطبى ومغمورين في محلول موصل يتكون ما يعرف بالخلية الكهربائية حيث تسير فيها الإلكترونات من القطب الموجب إلي القطب السالب وفى ضوء هذا المفهوم يعزي التآكل إلي تكوين أقطاب موجبة وسالبة حيث يتأين

المعدن متحررا إلكترونيا أو أكثر وتترك الأيونات الموجبة الجزء المعدني فتنقله إلي المحول وتسير الإلكترونات من القطب الموجب إلي السالب وهذا مايؤدى إلي تآكل معدن القطب الموجب وتعتمد شدة التآكل علي طبيعة التفاعلات التى تحدث عند القطب السالب والتي تستهلك الإلكترونات القادمة من القطب الموجب وعند إنتقال أيونات المعدن الموجبة إلي المحلول يكتسب سطح المعدن شحنة سالبة . تزداد كثافة هذه الشحنة بإزدياد قابلية ذوبان المعدن ويؤدى هذا الانتقال إلي جهد كهربائى تتوقف قيمته على نوع المعدن . وتتباين المعادن في جهدها الكهربائى وقد رتبت كافة المعادن في جدول خاص يعرف بجدول الإحلال الكهربائي وعموما فإن المعادن ذات الجهد الكهربائى السالب تستطيع أن تحل محل المعادن التي تقع فوقها في جدول الإحلال فمثلا يحل الخارصين محل الحديد ويمكن أن يحل الحديد محل النحاس وهكذا قد أثبتت التجارب المختبرة أن التآكل الرطب يرافقه حدوث تفاعلات شبيهة بتفاعلات الخلايا الكهربائية الكلفانية أى تنشأ فيها ما يعرف بخلايا التآكل حيث يسلك المعدن الذي يتآكل بمثابة القطب الموجب ويوضح الشكل (٥) مخططا لخلية التآكل .

فعند وجود معدنين مختلفين في الكهروسالبية مثل الفولاذ والنحاس مغمورين



شكل (٥) رسم توضيحي لخلية تاكل حيث تفاعل القطب الموجب $M \rightarrow M.$ وتفاعل القطب السالبة $H_2o + Y_2\ O_2 + 2e \rightarrow 2OH.$

شكل (٥) رسم توضيحى لخلية تآكل

في محلول موصل مثل ماء البحر كما هو الحال في السفن والبواخر المصنوعة من الفولاذ والتى تحتوى علي بعض الأجزاء النحاسية فإن الجزء النحاسى يسلك بمثابة القطب السالب وهيكل الباخرة يمثل القطب الموجب لذلك فإن التآكل يحدث في هيكل السفينة وعادة تختلف السبائك التى تصنع منها المعدات الصناعية في سالبياتها الكهربائية فعند وجود نوعين أو أكثر مختلفين السالبية الكهربائية تسلك السبيكة ذات السالبية الكهربائية العالية بمثابة قطب السالب وذات السالبية الكهربائية الأقل القطب الموجب .

وقد تنشأ خلايا التآكل من المعدن نفسه فعندما يتأكسد السطح الخارجى للمعدن مثل الحديد متحولاً إلي أوكسيد الحديد وبوجود الرطوبة وفي حالة وجود تشقق فى الطبقة الأوكسيدية تنشأ خلية تآكل يمثل الأوكسيد فيها القطب السالب والمعدن القطب الموجب ولهذا السبب نلاحظ إستمرار تآكل الحديد. ويحدث هذا النوع من التآكل بالرغم من أن فرق الجهدبين القطبين قليل وأن التوصيل الإلكترونى لطبقة الأوكسيد منخفضة كذلك ويمكن تمثيل تفاعلات القطب السالب بتكوين أيونات الهيدروكسيل من الأوكسجين المذاب .

$$H_2O + 1/2O_2 + 2e = 2HO$$
$$Fe = Fe^{++} + 2e$$

الشكل (٦) شكل توضيحى يبين تآكل الحديد عند أماكن التشقق في طبقات الأوكسيد السطحية .

الحقائق العامة التى تحكم التآكل (بصفة خاصة لمعدن الحديد)

١ - عند درجات الحرارة العادية لا يتآكل الحديد إلا في وجود الرطوبة .

٢ - لابد من تواجد غاز الاوكسجين في المياة حتى يحدث التآكل عند درجات الحرارة العادية .

٣ - يكون التآكل فى الوسط الحامضى أكبر كثيرا من التآكل في الوسط القاعدى.

٤ - أثناء حدوث التآكل يتصاعد غاز الهيدروجين من سطح المعدن المتآكل وذلك في المحاليل الحامضية . وقد يحدث ذلك أيضا في المحاليل القلوية المركزة . أما في المحاليل القلوية المخففة فإن تصاعد غاز الهيدروجين يصبح قليلا جداً ويكاد يكون منعدما .

٥ - يتكون نتيجة للتآكل أيدروكسيد الحديدوز (Ferrous hydroxide) الأسود أو الأخضر علي سطح المعدن مباشرة ثم يتكون فوقه أيدروكسيد الحديديك الأحمر (Ferric hydroxide) الذى يكون الطبقة الخارجية علي سطح المعدن وهو ما يطلق عليه أسم الصدأ . يلاحظ أنه في حالة تآكل الحديد المعرض للهواء مباشرة فإن كمية أيدروكسيد الحديدك الأحمر (الصدأ) المتكون تكون قليلة بالمقارنة بكميته الكبيرة عند حدوث التآكل تحت السطح الماء .

٦ - يحدث أحيانا في المياة الطبيعية وأثناء ترسب الصدأ عى سطح المعدن أن يحمل هذا الصدأ أثناء ترسبه بعض الاملاح مثل أكسيد الكالسيوم أو أكسيد الماغنسيوم والسيلكا . بالاضافة إلي بعض الأملاح الأخرى غير القابلة للذوبان مثل كربونات الكالسيوم وكبريتات الكالسيوم والتى تترسب علي سطح المعدن مكونة غطاء عازلاً يعزل المعدن عن وسط التآكل وتوقف عملية التآكل . غير أنه في حالة عدم إلتصاق هذه الطبقة من الرواسب إلتصاقا جيداً بسطح المعدن فإنها علي عكس ذلك تساعد علي زيادة معدلات التآكل الذى يبدأ علي سطح المعدن وتحت طبقة الرواسب .

٧ - يمكن التحكم في توزيع التآكل وأيضا في معدلاته بوقاية الأسطح المعدنية المعرضة للتآكل بطبقة رقيقة من مادة واقية توضع علي هذه الاسطح)

Surface Coating)

٨ ـ في معظم الأحوال التى يحدث فيها التآكل يكون معدل حدوث التآكل سريعا جداً في البداية عنه بعد فترة من الزمن وذلك بسبب تكوين طبقة الصدأ والتى قد تكون مصحوبة بترسيب بعض الأملاح أيضا كما سبق الإشارة إلي ذلك.

٩ ـ يزدادمعدل التآكل عند درجات الحرارة العادية بزيادة التركيز ولكن في بعض المحاليل المخفة للأملاح وخاصة محاليل الكلوريدات يكون معدل التآكل كبيراً جداً ثم ينقص بزيادة التركيز . كما أن معدل التآكل يزداد أيضا بارتفاع درجة الحرارة .

١٠ ـ يميل معدل التآكل إلي الزيادة في المياة الطبيعية وذلك بزيادة سرعة حركة المياة علي سطح المعدن . ويكون نتيجة لعمليات النحت (erosion) التـي تصاحب تحرك المياة بسرعات عالية وتأثير ذلك على الغشاء الواقي لسطح المعدن .

١١ ـ معدلات التآكل بالنسبة للمعادن النقية أقل منها بالنسبة للسبائك وذلك لأن معظم السبائك تتركب من أكثر من معدن واحد يختلف الجهد الكهروكيميائى بينها وأيضا تختلف قدرة كل منها على توصيل الكهرباء . فعند وجود مثل هذه السبائك في محاليل موصلة للكهرباء (مثل محاليل الأملاح) فإنه يحدث فرق في الجهد الكهربائى بين هذه المعادن بعضها ببعض والمكونة للسبيكة الواحدة . وتتكون عدة خلايا كهروكيميائية علي سطح السبيكة وتصبح بعض المناطق علي هذا السطح قطبا موجبا والبعض الآخر قطبا سالبا ـ وتتآكل المناطق الموجبة بسرعة شديدة ويسمى هذا النوع من التآكل باسم التآكل الكهروكميائى أو التآكل الجلفانى .

١٢ ـ أيضا اختلاف تركيب وتركيز المحاليل المحيطة بالمعدن يمكن أن تؤدى إلى مرور تيار كهربائى خلال المحلول من المناطق الأكثر جهدا (Anodic)إلـي المناطق الأقـل جهـدا (Cathodic) .

١٣ ـ يلاحظ أن تركيب الحديد العادى أو الفولاذ بما فيه من شوائب أو إضافات تجارية أو صناعية يكون له تأثير بسيط على التآكل تحت سطح الماء أو سطح

الارض ولكن معدلات هذا التآكل تزداد كلما تعرض المعدن للمحاليل الحامضية.

١٤ ـ تساعد مواصفات سطح المعدن على زيادة وإبطاء سرعة معدلات التآكل . فالمعدن اللامع ذو السطح المصقول يكون تعرضه لعمليات التآكل أقل من المعدن ذى السطح الخشن أو الذى لم يصقل جيدا حيث يحدث بسبب عدم صقل المعدن جيدا أنواع من التآكل المركز(Localized Corrosion) الذى يحدث نقرا أو حفرا (pitting) فى جسم المعدن . وقد ينتج أيضا هذا الحفر والنقر علي سطح المعدن نتيجة للتآكل الجلفانى السابق .

١٥ ـ كلما كانت المناطق الموجبة على سطح المعدن أقل حجما من المناطق السالبة كلما كان معدل تآكل المناطق الموجبة سريعا وكبيراً .

١٦ ـ قد تؤدى بعض أنواع البكتريا إلى زيادة معدل التآكل الكهروكيميائي وذلك في عدم وجود غاز الأكسجين مثل بكتريا إختزال الكبريتات وبكتريا ترسيب الحديد .

الباب الثالث

تنقية ماء الشرب

الفصل الاول : تنقية الماء للشرب

الفصل الثاني: الترويـــق

الفصل الثالث : الترشيـــح

الفصل الرابع : التطهيـــر

الفصل الاول

مواصفات الماء

تعتبر عملية معالجة الماء للاغراض الصناعية من المستلزمات الأساسية ، حيث تعتمد نوع المعالجة المطلوبة علي استخدامات المياة للعملية الصناعية . وتعتبر عمليات المعالجة أساسية للأسباب الآتية : ـ

١ ـ للإستخدام في العمليات الصناعية كمادة أساسية ـ مثل الأغذية والمشروبات ـ أو في مراحل التشغيل الوسيطة مثل عمليات الصباغة أو فى صناعة الورق وكذلك لتغذية المراجل البخارية . وقد يكون الماء صالحا للشرب ولكن لا يكون مناسبا للإستخدامات الصناعية ، حيث يجب أن تتسم المياة الصالحة للشرب بمواصفات خاصة وضعت من قبل الجهات الصحية . ومن أهم هذه المواصفات التي يتصف بها الماء الصالح للشرب : ـ

١ ـ أن تكون درجة تعكره أقل من ٥ وحدات تعكر .

٢ ـ أن تكون درجة اللون أقل من ١٥ وحدة لونية .

٣ ـ أن تكون رائحته أقل من ثلاثة وحدات قياسية للرائحة .

٤ ـ عديم الطعم .

وفيما يلي جدول(٤) بالمواصفات القياسية لماء الشرب الصادرة عن الوزارة عام ١٩٩٥ ـ والصادرة من الوزارة قرار رقم NO/08 بتاريخ ١١ / ٣/ ١٩٩٥ .

أولا الخواص الطبيعية

اللـــون : ٢٠ ـ ٣٠ وحدات كوبالت بلا تنم .

الطعم : مقبول الطعم .

الرائحة : غير ملحوظ .

العكارة : لاتزيد عن ٥ وحدات جاكن للماء المعالج .

ولاتزيد عن ١٠ وحدات جاكن لماء الآبار .

الآس الهيدروجينى (pH): ٢/١ ٦ الى ٢/١ ٩ .

ثانيا المكونات والخواص

الاملاح الكلية الذائبة (TDS)	لاتزيد عن ٢٠٠ جزء في المليون .
الحديد (فى ماء الآبار) (Fe)	لاتزيد عن ٠.٣ جزء في المليون .
المنجنيز في الماء المعالج (Mn)	لاتزيد عن ٠.١ جزء في المليون .
المنجنيز في ماء الآبار	لاتزيد عن ٠.٥ جزء في المليون .
النحاس (Cu)	لا تزيد عن ٠.١ جزء في المليون .
الزنك (Zn)	لاتزيد عن ٥.٠ جزء في المليون .
العسر الكلي (Total hardness)	لا تزيد عن ٥٠٠، جزء في المليون .
الكالسيوم (Ca)	لاتزيد عن ٢٠٠، جزء في المليون .
الماغنسيوم (Mg)	لاتزيد عن ١٥٠ جزء في المليون .
الكبريتات (SO4- -)	لاتزيد عن ٤٠٠ جزء في المليون .
الكلوريدات (Cl -)	لاتزيد ٥٠٠، جزء في المليون .
الصوديوم (Na+)	لا تزيد عن ٢٠٠ جزء في المليون .
الألومنيوم (Al++)	لا تزيد عن ٠.٢ جزء في المليون.

ثالثا : المكونات الغير عضوية المرتبطة بالصحة .

الرصاص (Pb)	لاتزيد عن ٠.٠٥ جزء من المليون .
الزرنيخ (Arsenic)	لا تزيد عن ٠.٠٥ جزء في المليون .
السيانيد (CN)	لاتزيد عن ٠.٠٥ جزء في المليون .
الكادميوم (Cd)	لاتزيد عن ٠.٠٠٥ جزء في المليون .
سيلنيوم (Se)	لاتزيد عن ٠.٠١ جزء في المليون .
الزئبق (Hg)	لاتزيد عن ٠.٠٠١ جزء في المليون .

تنقية الماء للشرب ومعالجته للأغراض الصناعية

تتم عملية تنقية الماء للشرب على مراحل كالآتى : ـ

١ ـ الترويق (Clarification)

وتشمل هذه المرحلة العلميات الأتية : ـ

أ ـ الترسيب (Sedimentation)

ب ـ الترويب (Coagulation)

جـ ـ الترشيح (Filtration)

د ـ التعقيم (Disinfection)

هـ ـ إزالة الرائحة .

و ـ منع النمو والتكاثر البيولوجى .

٢ـ التهوية (Deaeration)

٣ـ إزالة العسرة / (التيسير) بالترسيب .

ويتم ذلك كالآتى : ـ

أ ـ التيسير بالجير (Lime Softening).

ب ـ التيسير بإستخدام الصودا علي البارد (Cold Lime - Soda Softening).

ج ـ التيسير باستخدام الصودا والجير على الساخن (Hot Lime - Soda Softening).

أما بالنسبة لمعالجة الماء للأغراض الصناعية والغلايات ، فإنه يلزم التخلص من الاملاح الذائبة إلى أدنى مستوى أو التخلص منها نهائيا للحصول على ماء خالي من الايونات (demineralization) ويتم ذلك باستخدام المبادلات الأيونية .

٤ ـ المبادلات الأيونية .

والمبادلات الايونية تستخدم للتخلص من الأملاح الذائبة للكالسيوم والماغنسيوم وتنقسم إلي الآتى : ـ

أ ـ المبادلات الكتيونية .

ب ـ المبادلات الانيونية .

جـ ـ المبادلات المزدوجة .

وهناك أيضا طرق أخرى تستخدم لمعالجة الماء لازالة الأملاح المسببة للطعم وهى طرق المعالجة بالأغشية (Membrane Process)

٥ ـ المعالجة بالأغشية

وتنقسم هذه الطرق إلى الآتى : ـ

أ ـ التناضح لعكسى (Reverse Osmosis)

ب ـ اليلزة (Electrodialysis)

وفيما يلى سوف نستعرض كلاً من هذه الطرق بالتفصيل .

الفصل الثانى

الترويـــــــق
(Clarification)

عمليات الترويق هى الإزالة الأولية للمواد الصلبة العالقة وذلك عن طريق الترسيب والترويب والتجميع ثم بعد ذلك بالترشيح وتستخدم هذه الطرق قبل معالجة الماء لإزالة الأملاح الذائبة .

وعملية الترسيب هى العملية التى يتم فيها رقود الجزيئات الصلبة الكبيرة إلى أسفل الأحواض ، أما الجزيئات الصغيرة أو المواد العضوية الذائبة فانها تحتاج إلي المروبات ثم الترشيح للتخلص منها وفيما يلى سوف نستعرض كلا من هذه الطرق .

أ ـ عمليات الترسيب

يحتوى الماء عادة على كميات كبيرة من المواد الصلبة العالقة وكذلك علي حبيبات دقيقة جداً والتى تكون عادة مادة غروية يصعب ترسيبها بسهولة ، لذلك فإن عمليات الترسيب تتم علي مرحلتين كالآتى :

أ ـ الترسيب الطبيعى (Plain Sedimentation)

ب ـ الترسيب الكيميائي (Chemical Sedimentation)

أ) الترسيب الطبيعي

الغرض من هذه العملية هو إزالة أكبر كمية من المواد الصلبة العالقة في الماء ، وذلك فى أحواض خاصة تمر فيها الماء المحملة بالمواد العالقة لفترة معينة وتحت ظروف مناسبة تساعد علي هبوط المواد العالقة إلى قاع هذه الاحواض ، وذلك دون إضافة أي مواد تساعد على هذا الترسيب .

والأحواض المستخدمة ذات مواصفات خاصة تساعد علي عدم وجود دوامات أو أضطرابات لسير المياه أوالمواد التى رسبت في قاع الحوض ، وأن تكون سهلة التنظيف وبعدد كافى يتيح فرصة للصيانة .

وقد كان الترسيب يتم فى أحواض تملأ لفترة معينة حيث تحجز فيه المياه ساكنة لمدة من ٦ إلي ٢٤ ساعة ثم تفرغ بعد ذلك ، إلا أن هذه لطريقة لم تعد تستعمل حالياً لأنها طريقة متقطعة وتستنفذ وقتاً طويلاً دون فائدة ، وقد استبدلت بطريقة الترسيب بطريقة الترسيب في أحواض مستمرة (Continuous flow tank) حيث يمر الماء في حوض إما مستطيل أو مربع أو دائري باستمرار وبسرعة بطيئة جداً مما يسمح للمواد العالقة بالرسوب إلى قاع الحوض قبل أن تصل إلى المخرج .

وتعتمد كفاءة هذه العملية على عوامل كثيرة منها :

١ ـ كثافة الماء ولزوجته .

٢ ـ كثافة المواد العالقة وشكلها وكذلك حجمها

٣ ـ سرعة جريان الماء في الحوض ومدة بقائه .

٤ ـ المساحة السطحية للحوض ونسبة الطول إلى العرض .

ويمكن الرجوع إلى كتاب الهندسة الصحية للدكتور / محمد علي فرج لمعرفة الأنواع المختلفة لأحواض الترسيب .

ب) الترسيب الكيميائي (Chemical Sedimentation)

في هذه العملية يتم ترسيب الحبيبات الدقيقة والتى تكون عادة غرويه (Colloidal particles) غير قابلة للترسيب لأنهامواد تحمل شحنات كهربائية سالبه منتشرة علي كل جسمها، وهى بذلك ثابتة تماما ولكى يتم التخلص من هذه المواد فإنه يتم أولا تكسير ثبات هذه المادة عن طريق معادلة الشحنات السالبة بمواد كيميائية ذات شحنات موجبة قادرة على معادلة هذه المواد. وهذه العملية تسمى عملية الترويب (Coagulation). وفي هذه العملية ـ وبعد تكسير ثبات هذه المواد ـ فإن هذه المواد تتقارب مع بعضها وتتجمع على هيئة ندف هلامية (Flocs)تأخذ في الهبوط إلي أسفل وفي أثناء هبوطها تجذب الى سطحها المواد العالقة الدقيقة عادة، وعن طريق التقليب تتماسك هذه المواد ويتم ما يعرف بالتكتل (Flocculation) ليترسب فى القاع. وأهم الكيماويات المستعملة لهذا الغرض هى:

١ ـ كبريتات الألومونيوم (الشب) (Aluminum sulphate(Alum).

٢ ـ كبريتات الحديدوز (Ferrous Sulphate)

٣ ـ كبريتات الحديديك (Ferric Sulphote)

٤ ـ كلوريد الحديديك (Ferric chloride)

٥ ـ كبريتات الحديدوز المكلوره (Chlorinated Ferrrous Sulphate)

٦ ـ ألومنيات الصوديوم (Soduim Aluminate)

٧ـ كبريتات الألومنيوم النشادرية (Ammonia Alum)

وتعتبر كبريتات الألومنيوم هي أكثر هذه المواد إستعمالا إذ انها أرخصها وأكثرها تواجداً وإنتشاراً .

ولابد لنجاح عملية الترويب من وجود موادقلوية في الماء لتتفاعل مع المروبات المضافة وتوجد هذه المواد القلوية في المياة الطبيعية عادة على هيئة بيكربونات الكالسيوم فإذا لم تتوفر القلوية بالكميات اللازمة وجب إضافة مواد قلوية علي هيئة أيدروكسيد الكالسيوم (جير مطفى) أو على هيئة كربونات الصوديوم لتعويض هذا النقص قبل إضافة المروبة .

وفيا يلي سوف نستعرض بعض أمثلة للمرويات ودورها في ترسيب المواد العالقة كميائيا .

(١) الترويب باستعمال كبريتات الألومنيوم (Aluminum Sulphate)

وتعرف تجارياً بإسم الشب (alum) وتركيبها ($Al_2(SO_4)_3\ 18H_2O$)

والشب كما توجد في الطبيعية أو كما تصنع قد تحتوى على بعض الشوائب لا تذوب في الماء إلا أن هذه الشوائب لا تمثل أو تسبب أى متاعب فى التشغيل طالما كانت لا تتجاوز ٥ر٠ ٪ بل من المحتمل أن تعمل هذه الشوائب كنواة تتكون عليها الندف مما يساعد في عمليتى الترويب والترسيب .

وعند إضافة الشب إلي مياة تحتوى علي قلوية طبيعية من بيكربونات

الكالسيوم يتم التفاعل و ينتج عن ذلك كبريتات الكالسيوم وهيدروكسيد الألومنيوم كالآتي :

$$Al_2(SO_4)_3 + 3Ca(HCO_3)_2 = CaSO_4 + 2Al(OH)_3 + 6CO_2$$

ويستخدم جزء واحدمن الجير المطفى (بيكربوتات الكالسيوم) إلي ثلاثة أجزاء من كبريتات الألومنيوم التجارى$(Al_2(SO_4)_3\ 18H_2O)$.

كما يمكن أيضا إستخدام كربونات الصوديوم لتكوين هيدروكسيد الألومنيوم .

ويلاحظ من دراسة المعادلات أعلاه أن الترويب باستعمال الشب يتميز بالخواص الآتية :

١ ـ فى جميع هذه التفاعلات ينتج ندف هلاميه من هيدروكسيد الألومنيوم تأخذ في الهبوط إلي القاع جاذبة إلى سطحها المواد العالقة الدقيقة .

٢ ـ وجود أملاح الصوديوم والبوتاسيوم في الماء يسبب صغر حجم الندف صغراً يمنع ترسيبها بسهولة (Pinhead floc)وعلاجا لهذه الحالة تزاد جرعة الشب .

٣ ـ وجود أملاح كربونات الكالسيوم أو كربونات الماغنسيوم فى الماء يساعد علي تكوين الندف الهلامية .

٤ ـ تؤثر درجة الأس الهيدروچينى (pH) علي الجرعة اللازمة والكافية لجودة الترويب ولقد وجد أن الترويب يكون أكثر جودة إذا كانت المياة ذات أس هيدروجينى يتروا ح من ٤ إلى ٦ مع ملاحظة أن عملية إضافة الشب إلى الماء تخفض من درجة الأس الهيدروجينى .

وقد يضاف بودرة الكربون النشط (أى الذى يكون نسبة الأسطح للحجم كبيرة جداً لإتمام عمليات الآمتصاص على سطحه) إلي الشب العادى بنسبة حوالي ٥٪ مما يساعد على إزالة الروائح والطعم من الماء ، كما يساعد في توفير كمية الشب ويعرف هذا بالشب الأسود (BlackAlum).

بلمرات الألومونيوم (Aluminum Polymers)

تتكون عند تكاثف أملاح الألومونيوم لتكوين بلمرات قادرة علي عمليتي الترويب والتكتل اللازمتين للترسيب الكيميائى . والبلمرات التي يمكن أن تتكون بهذه الطريقة هى الالومونيوم متعدد الكلور (Aluminum Poly Chloride) وذلك بمعادلة محلول كلوريد الألومونيوم تدريجيا بمحلول الصودا الكاوية والبلمرات يمكن أن تكون بهذا التركيب الكميائى .

$$AL_6 (OH)_{12}{}^{6+} AL_{54} (OH)_{44}{}^{18+}$$

الترويب باستخدام أملاح الحديد (Iron Salts)

تستعمل أملاح الحديد فى الترويب ومنها كبريتات الحديديك $Fe_2(SO_4)_3$ (Ferric Sulphate) وتعرف تجارياً بإسم (Ferrifloc) ويستخدم أيضا كبريتات الحديدوز($FeSO_4$ (7H_2O) وتعرف تجاريا باسم الكويراس (Copperas)، كما يستخدم كلوريد الحديد ($FeCl_3$) وفي جميع هذه الاملاح يتم التفاعل مع الماء مكونا هيدروكسيد الحديديك $Fe(OH)_2$. وهيدروكسيد الحديديك المتكون من هذه التفاعلات هو راسب هلامى يجذب إلي سطحه المواد العالقة الدقيقة ويهبط بها إلي قاع الحوض .

وتمتاز أملاح الحديد بأنه أرخص في الترويب من الشب ولأن الناتج من التفاعل يكون أثقل ، لذا فإن هذه الطريقة تعتبر أسرع في الترويب ، كما أن هذه الطريقة لا تسبب متاعب فى المرشحات وتزيل اللون من المياة أثناء عمليتي الترويب والترسيب. كما تساعد أيضاً على الآتى:

- إزالة أملاح الحديد والمنجنيز الذائبة في الماء .
- إزالة الطعم والرائحة الناتجة من وجود الغازات مثل كبريتيد الهيدروجين فى الماء .

ومحاليل هذه المرويات قوية التفاعل مع المعادن مسببة لها التأكل مما يوجب الحيطة عند إستعمالها وذلك يتحضيرها ونقلها في معدات خاصة مبطنة بالزجاج

أؤ المطاط أو القيشانى أو الحديد الذي لا يصدأ .

والندف المتكونة من التفاعل الكيميائي أثقل من تلك التي تتكون باستعمال الشب ولذلك ترسب بسرعة أكبر بعد أن تجذب إلي سطحها المواد الدقيقة العالقـــة.

وفيما يلى بيان بالجرعات اللازمة من الكيماويات المختلفة :

جرعات المواد الكيماوية المروبة

المادة	الجرعة جزء في المليون		
كبريتات الآلمونيوم (الشب)	٥	ـ	٨٠
كلوريد الحديديك	٥	ـ	٥٠
كبريتات الحديديك	٨	ـ	٥٠
كبريتات الحديدوز	٥	ـ	٥٠

أحواض مزج الكيماويات المروبة بالماء (Mixing tanks)

بعد إضافة المروب إلي الماء يجب أن يمزجا مزجاً تاماً وذلك لضمان جودة الترويب ويتم ذلك المزج على خطوتين ، ولكل من الخطوتين أكثر من طريقة لتنفيذها .

أ- المزج السريع (Flash mix)

الغرض منه هو العمل علي أنتشار المادة الكميائية بسرعة في جسم الماء العام .

ب- المزج البطىء أو الترويب

(Gentle mix - gentle agitation , Flocculation, Coagulation)

والغرض منه تقليب الماء بما فيه من كيميائيات تقليبا بطيئا لمدة كافية يتم فيها التفاعل الكيميائى - إذ أن لهذا التقليب فائدة كبيرة في إتمام التفاعل لأن لدوام التقليب خلال هذه الفترة بقاء للندف المتكونة في حركة دائمة مما يساعد على إلتصاق أكبر كمية ممكنة من المواد العالقة الدقيقة علي سطحها حتي إذا ما أعطيت فرصة للرسوب فيما بعد رسبت بما عليها من مواد التصقت بها بسرعة الى

قاع الترسيب .

طرق المزج السريع (Flash mixing tank)

يتم المزج السريع بأحد الطرق الآتية :

أ - إضافة محلول المادة المروبة للماء فوق هدار ذو موجة ثابتة (standing wave weir)(شكل رقم ٧) وبمرور المحلول والماء فى هذه الموجة الثابتة يتم المزج السريع بينهما .

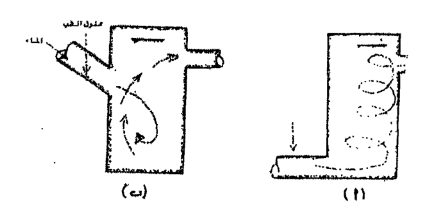
ب - إضافة محلول المادة الكيميائية في ماسورة سحب مضخة الضغط المنخفض

وبذلك يضمن المزج بفعل دوران مرواح الطلمبة إلا أن هذه الطريقة غير مستحبة نظرا لاحتمال تآكل مرواح الطلمبة نتيجة تفاعل كيميائى بين المواد الكيماوية ومادة المروحة .

جـ - المزج باحداث دوامات في الحوض (Vortex spiral flow tank)

هذه الدومات كافية لأن ينتشر المحلول في داخل جسم الماء ويصمم هذا الحوض بحيث تكون مدة مكث الماء فيه حوالى دقيقة أى أن حجمه يساوى التصرف فى دقيقة واحدة (شكل ٧) علي أن تكون الدومة إما رأسية المحور أو أفقية .

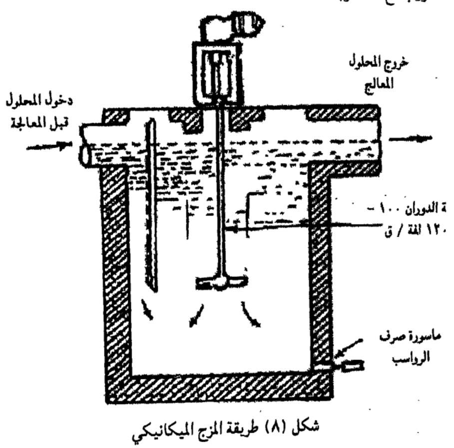
(د) المزج الميكانيكي بخلاط سريع الدوران



شكل (٧) يبين تانك لأحداث دوامات إما رأسية (أ) أو أفقية (ب)

(Mechanical Agitation With High Speed Paddle)

وتتلخص هذه الطريقة في إضافة محلول المروب إلي الماء فى حوض خرساني سعته مقدرة بحيث يبقى الماء فيه لمدة حوالي الدقيقة الواحدة ـ وفي نفس الوقت مُركب على هذا الحوض خلاط سريع الدوران ينتج عن دورانه في الحوض مزج المروب مع الماء مزجاً تاماً .



شكل (٨) طريقة المزج الميكانيكي

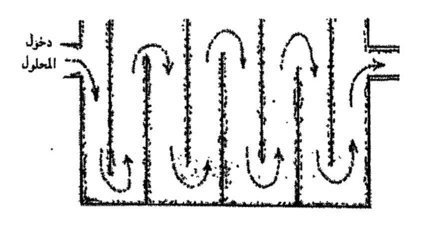
طرق المزج البطيء (Methods of Flocculation)

يتم المزج البطيء أو ما يسمى أحيانا بالترويب باستخدام أحواض خاصة تسمى بأحواض الترويب Foccculaion or agitaton tanks وهى علي أنواع :

أ- أحواض ذات حوائط حائله لتوجيه سير الماء (Baffed tank) وهذه تنقسم الى:

١ ـ أحواض مقسمة رأسيا بواسطة حوائط حائلة وهدارات

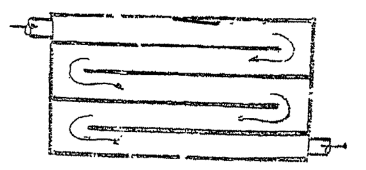
وفى هذه الأحواض تمر المياه رأسيا تحت الحوائط الحائلة وفوق الهدرات وبسرعة محدثة دوامات تعمل علي مزج محتويات الحوض مزجا جيدا كما فى (شكل٩).



شكل (٩) حوض ذو حوائط حائلة رأسية

٢ ـ أحواض مقسمة أفقيا بحوائط حائلة (Around the end baffled tank)

وفى هذا الحوض تمر المياة أفقيا حول الحوائط المقامة فى الحوض ويسبب تغيير اتجاه المياه دوامات تعمل علي مزج محتويات الحوض مزجا تاما (شكل١٠)



شكل (١٠) حوض ذات حوائط حائلة أفقية

أسس تصميم الاحواض ذات الحوائط الحائلة

١ ـ المسافة بين الحوائط الحائلة ٦٠سم .

٢ـ سرعة المياه بين الحوائط الحائلة حوالي ٣٠ سم / الثانية .

٣ ـ مدة مكث الماء في الحوض من ٢٠ إلي ٣٠ دقيقة ـ وبذلك يتروح الطول الكلى لمسار الماء في الحوض من ٣٦٠ إلى ٥٤٠ متر .

٤ ـ عمق الحوض من ٢ إلي ٣ متر .

ومن مزايا هذا النوع الأحواض

١ ـ شكل الحوض غير مرتبط بأجهزة ميكانكية .

٢ ـ عدم الاحتياج لقوى ميكانكية خارجية لضمان المزج .

٣ ـ عدم الاحتياج إلي صيانة وإشراف فى التشغيل .

إلا أن عيوب هذا النوع من الاحواض هى : ـ

١ ـ الفاقد في منسوب الماء بين المدخل والمخرج كبير نظراً للفاقد في الاحتكاك أثناء سير المياه وكذلك للفاقد نتيجة تغير اتجاه سير المياة أكثر من مرة في الحوض .

٢ ـ عدم القدرة على التحكم في سرعة جريان المياة داخل الحوض نظرا لاختلافها باختلاف تصرف المحطة .

وهذه الأحواض لا تستعمل بكثرة حاليا في محطات تنقية المياة الكبرى .

ب ـ أحواض التقليب الميكانيكى (Mechanical flocculation tanks)

وهذا النوع من الأحواض أصبح الآن أكثر انتشارا في عمليات المياة الكبرى وذلك نظرا للمزايا التى يتصف بها وهي كالآتى: ـ

١ ـ استعماله يؤدى إلى وفر المواد الكمياوية .

٢ ـ الماء الناتج منه أكثر صفاء من المياه الناتجة من أحواض أخرى .

٣ـ مرونة التشغيل وسهولة التحكم فى سير الماء .

٤ ـ الفاقد في منسوب الماء يبين المدخل والمخرج بسيط جدا .

٥ ـ رحص التكاليف الإنشائية والتشغيلية .

وأسس تصميم هذه الأحواض هي :

١ ـ يتراوح العمق بين ٣ مترات و٥ , ٤ مترات .

٢ـ المسافة بين مواسير الهواء المضغوط حوالي متر واحد .

٣ ـ قطر الثقوب في المواسير (١/١٦) .

٤ ـ المسافة بين الثقوب علي الماسورة من ١٠ الي ١٥ سم .

وهذه الطريقة تعطى نتائج عالية وتمتاز بالآتى :

١ ـ مرونة التشغيل .

٢ ـ صغر التكاليف الانشائية مع سهولة التشغيل .

٣ ـ تهوية المياة وإزالة ما قد يكون بها من غازات بالاضافة إلي التقليب .

إلا أن لها العيوب الآتية : ـ

١ ـ عدم انتظام التقليب ما بين سطح الحوض وقاع الحوض .

٢ ـ إحتمال سدد الثقوب نتيجة دخول بعض الرواسب .

احواض الترويق (Clarifiers)

بعد أن تتم عمليتا المزج السريع ثم البطىء تمر المياه في أحواض ترسيب تسمى بأحواض الترويق حيث تهبط الندف المتكونة في أحواض الترويب بما جذبت إلي سطحها من مواد عالقة ، إلى قاع الحوض .

وأحواض الترويق في هذه الحالة لا تختلف عن أحواض الترسيب الطبيعى كما أن العوامل المؤثرة على كفاءة الترسيب فيها وطرق تصميم الحوض لا تختلف عن أحواض الترسيب الطبيعي وأحواض الترويق مختلفة الأنواع إلا أنها جميعا تتفق فى الأسس الرئيسية للتصميم وأن اختلفت في بعض التفاصيل .

الأسس الرئيسية لتصميم أحواض الترويق

١ ـ المسقط الافقى للحوض أما مستطيل طوله حوالي ثلاثه أمثال العرض ـ أو مربع أو دائري.

٢ ـ يتراواح عمق الحوض من ٣ ـ إلى ٤ متر .

٣ ـ مدة مكث الماء فى الحوض لا يتجاوز ثلاث ساعات .

٤ ـ السرعة فى الاحواض ذات التصرف الأفقى لاتزيد عن ٣٠ سم / دقيقة

٥ ـ معدل التحميل السطحي(overflow rate) لايتجاوز ٤٥ م٣/ ٣ م٢ / يوم.

٦ ـ معدل التصرف علي المتر الطولي لهدار المخرج لا يتجاوز ٥٠ م٣ للمتر الطولي في الساعة ويفضل ألا يزيد عن ٢٥ م٣ للمتر الطولي في الساعـــة.

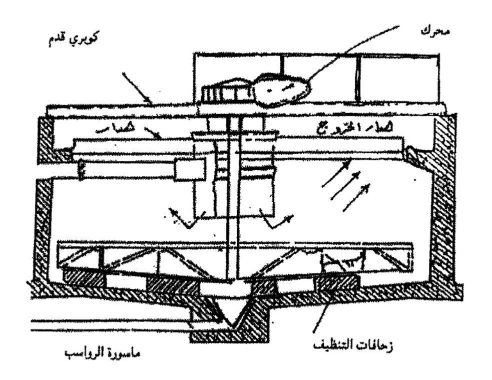
أنواع أحواض الترويـــــق

١ ـ أحواض ترويق دائري ذات تصريف قطري

(Radial flow circular tanks)

وفي هذه الاحواض تدخل المياه في ماسورة حتي ماسورة رأسية قصيرة في محور الحوض (distribution barrel) ومن ثم تخرج من أسفل الماسورة القصيرة فتسير فى اتجاه قطرى حتى هدار مركب علي طول محيط الحوض .

وتنظف هذه الاحواض بواسطة زحافات (Scrapers)تدار بواسطة محرك مثبت في منتصف كوبرى ثابت يرتكز قطريا علي الحائط الدائرى للحوض (شكل١١) أو بواسطة زحافات متصلة بكوبرى متحرك يرتكز علي دعامة فى محور الحوض والطرف الآخر الذي ينتهى بعجلة تسيرعلي محيط الحوض .



شكل (١١) لاحد احواض الترويق ذات التصريف القطري)

وعند دوران الزحافات تكسح ما أمامها من رواسب إلى هرم أو مخروط مقلوب في محور الحوض الهرم المقلوب تخرج ماسورة الرواسب التى يتم تشغيلها بواسطة محبس خاص .

وبالاضافة إلي أسس التصميم السابق ذكرها لأحواض الترويق عامة فإنه يجب مراعاة الشروط الآتية : -

١ـ يحسن ألا يتجاوز قطر هذه الأحواض أربعين متراً وذلك اقتصادا في تكاليف الكوبرى والاجزاء الميكانيكية الخاصة بادارة الزحافات .

٢ ـ لا تتجاوز سرعة دوران الزحافات ٣ مترات في الدقيقة عند محيط الحوض (tangential) حتى لا تسبب أثارة للرواسب التي رسبت فى قاع الحوض مما

يقلل كفاءة الترويق .

٣- يبنى قاع الحوض بحيث ينحدر انحدار بسيطا من المحيط الى المركز (حوالى ١ : ٤) وذلك لمساعدة الزحافات في توجيه الرواسب الى مركز الحوض حيث يوجد الهرم المقلوب الذى تخرج منه الرواسب .

العيوب الرئيسية لهذا النوع من الاحواض هى :

أ - توضع ماسورة الرواسب أحيانا تحت الحوض حتي تصل إلى المحور مما قد يؤدى الى كسر في الماسورة يتعذر إصلاحه إذا حدث أي هبوط فى الحوض .

ب - زيادة سرعة الماء فى الحوض عند المحور عنها بالقرب من المحيط مما يسبب أثارة المواد الراسبة المتراكمة عند المحور .

جـ - انخاض السرعة بالقرب من محيط الحوض يزيد من الترسيب الذي يحدث بعيدا عن مركز الحوض حيث يوجد مخرج الرواسب .

٢- أحواض ترويق دائرية ذات تصريف أفقى

(Horizontal flow ciriular tanks)

وفي الحوض تدخل المياه فى ربع محيطه تحت حائط حائل بطول ربع المحيط . كما تخرج المياه على هدار وبطول ربع المحيط كذلك الجانب المقابل من الحوض . وطريقة تنظيف تشبه طريقة تنظيف الأحواض الدائرية ذات التصرف القطرى .

٣ - أحواض ترويق دائرية تصريف حلزونى

Horizontal flow circular tanks

وفي هذه الاحواض تدخل المياه من فتحه جانبيه بارتفاع الحوض على أن توجه المياة بحيث تدخل في اتجاه مماس لمحيط الحوض فتأخذ بذلك اتجاه دائرى لتخرج المياه علي هدار بطول من ربع إلي ثلث محيط الحوض . وطريقة التنظيف في نفس الطرق المتبعة في الأحواض الدائرية الأخري .

من مزايا هذا النوع من الاحواض

١ ـ ماسورة المدخل لا توضع تحت أساس الحوض

٢ ـ حركة زحافات التنظيف فى اتجاه سير المياه فى الحوض .

٣ـ ارتفاع فى كفاءة الترسيب .

٤ ـ مدة مكث الماء في الحوض أقل من الاحواض الدائرية الأخرى مما يقلل من سعة الحوض ومن تكاليف الإنشاء .

إلا أن أهم عيوب هذه الاحواض ذات التصريف الحلزونى احتمال حدوث ظاهرة اختصار المياه لمسارها فى الحوض (short circuit) مما يقلل من كفاءة الترسيب وبالتالي يحد من التوسع في استعمالاته إلا إذا أخذت الاحتياطات الكافية لوقف هذه الظاهرة ومن أهم أسباب حدوث هذه الظاهرة :

١ ـ دخول الماء بسرعة غير كافية لإحداث الدورة الحلزونية مما يسبب اتجاه المياه مباشرة إلي المخرج دون أن تبقى في الحوض مدة المكث اللازمة ـ مما يضعف من كفاءة الترسيب .

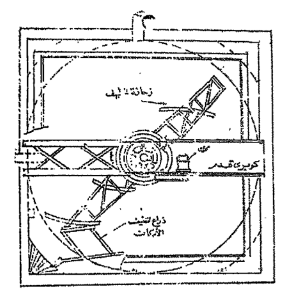
٢ ـ ارتفاع درجة حرارة المياه الداخلة عن المياة الموجودة بالحوض وبذلك تكون أقل كثافة فيندفع الماء الساخن طافيا علي السطح إلى المخرج مباشرة دون أن يبقى في الحوض مدة المكث اللازمة .

٤ ـ أحواض ترويق مربعة ذات تصريف أفقى
(Horizontal flow square tanks)

وفي هذه الاحواض تدخل المياه في أحد جوانب المربع تحت حائط حائل متجهة الي الجانب المقابل حيث يوجد هدار المخرج .

وتنظف هذه الأحواض بواسطة زحافات مثبتة علي أذرع طولها يساوي نصف ضلع المربع وتدور حول محور مركز الحوض ـ إلا أنه لما كان الحوض مربعاً فان الزحافات العادية لايمكن أن تصل إلي اركان الحوض لتنظيفها ، ولذلك يثبت فى نهاية الازرع زحافة خاصة بالاركان تنزلق لتتمدد كلما اقتربت من الأركان

وتنكمش في مواجهة أضلاع الحوض وذلك بفعل سوسته خاصة .



شكل (١٢) لأحد الاحواض المربعة ذات التصرف الافقى .

٥ ـ أحواض ترويق مستطيلة أفقية التصرف

(Horizontal flow rectangular tanks)

وفي هذه الاحواض تدخل المياه من جانب الحوض عن طريق فتحات منتشرة على العرض الكامل للحوض أو تمر تحت حائل ، وذلك لتنظيم سير المياه وضمان سريانها بكامل قطاع الحوض وعدم تواجد مناطق مشلولة (dead zone)وفي الجانب المقابل للحوض يوجد هدار المخرج . ولا تختلف طريقة تنظيف هذه الاحواض عن طريقة تنظيف الترسيب الطبيعى المستطيلة والسابق شرحها .

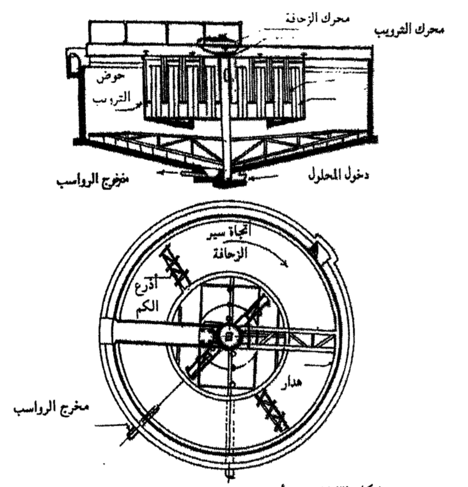
أحواض مشتركة للترويب والترويق

وهذه الأنواع من الاحواض قامت الشركات المعنية بتصنيع معدات تنقية المياه بإنشائها وتسجيلها تحت أسماء مسجلة (patent) محتفظة بحق إنشائها وجميع هذه الاحواض تتفق في الفكرة الرئيسية وهى حوض الترويب علي شكل أسطوانى تدخله المياه في المحور ثم تخرج من المحيط أو من أسفله لتدخل في حوض الترويق وهو عبارة عن اسطوانه محيطة بحوض الترويب أى أن الحوضين عبارة عن وحدة واحدة مكونة من اسطوانتين متداخلتين متحدى المحور .

ومن أهم هذه الانواع ما يعرف بالكلاريفلكتيور (Clarifocculator) وهـى كلمة مشتقة لكلمتى الترويق (Clarification) والتكتل (flocculation)

وفيه تدخل المياه إلي محور حوض الترويب حيث يتم التقليب بواسطة مجموعة من الأمشاط التى تدور بقوة محرك كهربائى لتتخلل مجموعة أمشاط ثابتة وبذلك تتم عملية المزج البطيء للكيماويات المروبة .

وتخرج المياه من أسفل المروب لتسير فى اتجاه قطرى (radialflow) وفي نفس الوقت إلي أعلي لتخرج علي هدار بكامل محيط حوض الترويب مخلفه الرواسب في قاع الحوض على أن ينظف الحوض من الرواسب بواسطة زحافات مثل التي توجد في أحواض الترويق الدائرية العادية وتدار بواسطة محرك كهربائى خـاص (الشكل ١٣) يبين القطاع ومسقط افقي للحوض .



شكل (١٣) لاحد أحواض الترويب والترويق المشتركة

وأهم أسس تصميم هذا الحوض :

١ - مدة المكث في حوض الترويب ٢٠ إلى ٣٠ ق
٢ - مدة المكث في حوض الترويق ١٠٠ إلي ١٥٠ ق
وبذلك تكون مدة المكث الكلية من ٢ إلى ٣ ساعات
٣ - سعة حوض الترويب من ١٥ إلى ٢٥ ٪ من السعة الكلية
٤ - العمق الكى للحوض لا يتجاوز ٣ أمتار

على أنه يجب مراعاة ألا يسبب خروج المياه من قاع حوض الترويب أثارة الرواسب المتجمعة في قاع الحوض .

الفصل الثالث

الترشيـــــــح
Filtration

تعتبر عمليات الترشيح من الخطوات الأساسية لمعالجة الماء لمعظم الإستخدمات الصناعية . والهدف الأساسى من الترشيح هو إزالة المواد العالقة من التربة والشوائب .

وتجرى عمليات الترشيح عادة بعد عمليات الترسيب والترويب لغرض إزالة ما تبقى من العوالق المتخلفة من العمليات السابقة .

وتتراوح درجة عكارة الماء عندما يخرج الماء من أحواض الترويق من ١٠ ـ الي ١٢ جزء في المليون وعملية الترشيح هى العملية التى يتم فيها إزالة العكارة عن طريق حجز المواد العالقة الغروية المسببة لها بإمرار الماء خلال طبقة مسامية تحجز هذه المواد. وأهم المواد التى تستعمل لهذا الغرض هى الرمل (Sand) فحـــم الإنتراسيت (Anthracite coal) إلا أن أكثر المواد استعمالا هو الرمل نظراً لرخص أسعاره وعدم تغير خواصه الطبيعية أوالكيميائية بمضى الوقت وتوافره في مناطق كثيرة . وتتم عملية الترشيح إما تحت الجاذبية الأرضية أو تحت ضغط . وتستخدم عمليات الترشيح تحت ضغط عادة في الصناعة .

والتغييرات التى تطرأ علي الماء نتيجة لمرورها خلال طبقات المرشح هى : ـ

١ ـ إزالة المواد العالقة الغروية .

٢ ـ نقص كبير في عدد البكتريا الموجودة في الماء .

٣ـ إزالة اللون الذى قد يتواجد في الماء .

أنـــــواع المرشحـــــات

تنقسم المرشحات الي نوعين رئيسين :

١ ـ المرشح الرملى البطيء (Slow sand filter)

٢ ـ المرشح الرملي السريع (Rapid sand filter)

وهذا بدوره ينقسم الي نوعين : ـ

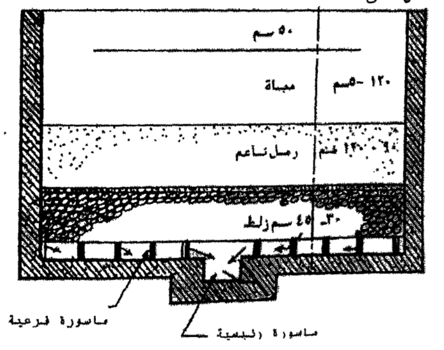
(أ) مرشحات بالجاذبية الأرضية (Gravity rapid sand filter)

(ب) مرشحات بالضغط (Pressure rapid sand filter)

وفي جميع هذه الانواع تمر المياه من أعلي إلي اسفل خلال طبقة من الرمل مخلفة وراءها المواد العالقة ثم في طبقة من الزلط شبكة من المواسير المثبقة أو المفتوحة الوصلات إلى خارج المرشح .

المرشحــــات البطيئـــة

يتكون المرشح الرملى البطىء من حوض جدرانه وقاعه من مادة صماء إما من خرسانه مسلحه أو طوب أو دبش بالمونة ومسقطه الأفقى إما مربع أو مستطيل كالشكل التالى :



شكل (١٤) رسم توضيحى لأحد المرشحات البطيئة

ويغطى القاع شبكة من القنوات أو المواسير المفتوحة الوصلات لتصريف المياه من الحوض وتعلو هذه الشبكة طبقات من الزلط يأخذ حجم حبيباتها في الصغر من أسفل إلي أعلى ثم تعلو ذلك طبقة من الرمل الحرش قطره من ٥ .١ الي ٢ ملليمتر بإرتفاع من ٥ الي ١٠ سم . ثم طبقة من الرمل الناعم بارتفاع من ٩٠ الي ١٢٠ سم بقطر فعال من ٩ ,٠ ـ ٣٠ ملليتر .

وأسس تصميم هذه المرشحات هي أن معدل الترشيح من ٣ الي ٥ م^{٣}/ م^{٢}/يوم وأن مساحة كل مرشح تتراوح من ١٠٠٠ الي ٢٠٠٠ متر مسطح وأن تزود المحطة بعدد كافى من المرشحات يتيح لها استيعاب الكمية المطلوب ترشيحها وعمل التنظيف اللازم .

وتمتاز هذه المرشحات البطيئة بالكفاءة العالية في إزالة الشوائب من الماء ، حيث تصل نسبة إزالة العكارة الي ١٠٠٪ وإزالة من البكتريا ٨٩ ـ ٩٩٪ وإزالة اللون من ٢٠ ـ ٣٠ ٪ ومركبات الحديد ٦٠٪ ، أما من عيوب هذه الطريقة بطء معدل الترشيح ولا تعطى كفاءة عالية اذا زادت العكارة في الماء عن ٥٠ جزء .

المرشحات الرملية بالضغط (Rapid Sand Pressue Filter)

وهذه عبارة عن اسطوانة من الصلب محكمة إما رأسية أو أفقية المحور والنوع الرأسي يتروح قطره من نصف متر إلى ثلاثة أمتار وإرتفاعه من مترين إلي أربعة أمتار ـ وهو يستعمل للتصريفات الصغيرة ـ كما أن النوع الأفقي يتراوح قطره من ٥ر٢ الي ٢ر٣ متر ويبلغ طوله حتى سبعة أمتار وهو يستعمل للتصرفات الكبيرة .

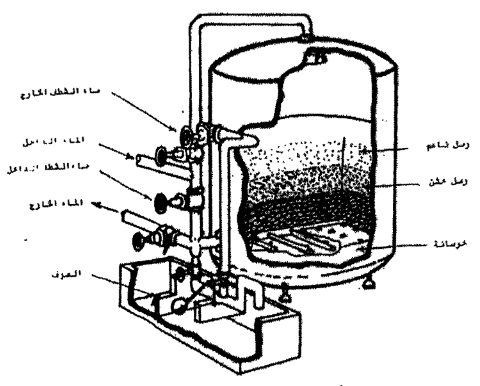
ولا تختلف هذه المرشحات في داخلها عن المرشحات التى تعمل بالجاذبية فتوجد فيها شبكة لصرف المياة المرشحة من نوع المثقوب تعلوها طبقة من الزلط ثم طبقة من الرمل بنفس مواصفات الرمل والزلط المستعمل في المرشحات التي تعمل بالجاذبية .

وطريقة التشغيل هي أن تضغط المياة بعد الترسيب بواسطة طلمبات ذات

ضغط عالى الي المرشحات فتمر في الرمل والزلط الي شبكة الصرف ومنها الي شبكة التوزيع رأسا دون أن تمر علي خزان المياة النقية ـ ويستمر هذا حتي يبلغ فاقد عمود الضغط في المرشح أقصاه ثم يتم غسله فتتفكك حبيبات الرمل

عن بعضها ومن ثم بأحتكاكها مع بعضها تتخلص مما علق بها من مواد هلامية تخرج مع المياه من المرشح .

كما أنه لابد من فترة إنضاج للمرشح بعد عملية الغسيل قبل إستعمال المرشح، ومعدل الترشيح في هذه المرشحات هو ١٠٠ ـ ١٥٠ م٣ / م / يوم .



شكل (١٥) يبين مرشح رملى بالضغط

استعمالات المرشح بطريقة الضغط

لا يستعمل هذا النوع من المرشحات لعمليات المياه الكبرى بل يقصر استعماله علي الحالات الآتية :

١ - الأغراض الصناعية - لترشيح مياه لمصنع بعيد عن مصدر المياة النقية .

٢ - إمداد المجتمعات السكنية الصغيرة بالمياه النقية .

٣ - إمداد المجتمعات السكنية المؤقتة (كالمعسكرات الصيفية والثقافية والترفيهية) أو الوحدات السكنية المتنقلة كوحدات الجنود المحاربة وفي هذه الحالات يثبت المرشح علي سيارة نقل عادية (لورى) لسهولة إنتقاله من مكان لآخر حسب الحاجة ..

٤ - تنقية المياه في حمامات السباحة .

المرشحات الرملية السريعة (بالجاذبية الطبيعية)

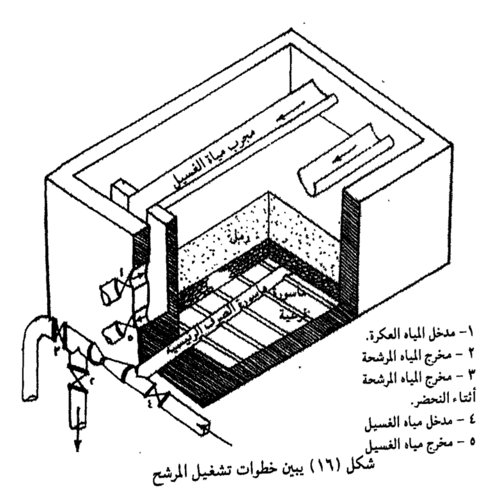
يتكون المرشح الرملى من حوض من مادة صماء من الخرسانة أو الصلب أو الطوب أو دبش بالمونة - وفي قاع الحوض توجد شبكة من المواسير الغرض منها صرف المياه من المرشح - تعلو هذه الشبكة طبقة من الزلط بارتفاع يتروح من ٤٥ , ٥٠ سنتيمتر - ثم طبقة من الرمل بارتفاع يتروح بين ٦٠ ، ٧٨٥ سنتمبر - أما عمق المياه في المرشح فيبلغ حوالي ١٥٠ سنتميتر فوق سطح الرمل - وترتفع حافة الحوض حوالى ٥٠ سنتمتر عن سطح الماء وبذلك يتروح العمق الكلي للمرشح من ٣ الي ٣,٢٥ مترا .

خطوات تشغيل المرشح

تتلخص خطوات تشغيل المرشح الي:

١ - بدء تشغيل المرشح (Starting the Filter)

عند بدء التشغيل لأول مرة يجب أن يملأ المرشح بالماء ببطء من شبكة الصرف من أسفل إلي أعلي وذلك حتى يطرد الماء أثناء ارتفاعه في مسام الزلط والرمل ما يوجد في هذه المسام من هواء مع ملاحظة عدم إثارة سطح الرمل .



شكل (١٦) يبين خطوات تشغيل المرشح

٢- فترة الانضاج والإعداد (Ripening Period)

وفي أثنائها يفتح الصمام رقم (١) والصمام رقم (٣) فتمر المياه من أعلى الي أسفل في المرشح إذ أنه أسوة بالمرشح الرملى البطىء ولنفس الأسباب التى ذكرت في تشغيل المرشح الرملى البطىء . فأنه يحسن عدم جمع المياه الخارجة من المرشح لفترة بعد بدء تشغيله وفى خلال هذه الفترة تتكون على سطح الرمل طبقة هلامية جيلاتينة مكونة من المواد الغروية والندف الدقيقه التى لم ترسب في أحواض الترويق ونتيجة لتجميع هذه الطبقة الهلامية علي سطح الرمل ، فإن شفافية الماء الخارج من المرشح تأخذ في التحسن نظرا لضيق مسام الطبقة العليا من الرمل وعندئذ يمكن أخذ المياه من المرشح واستعمالها .

وهذه الفترة تسمي فترة الانضاج أو الاعداد وهي تستمر في حالة مرشح الرمل السريع فترة تتروح بين عشر دقائق وخمسة عشر دقيقة ، ويتوقف ذلك علي صفات المياه وما فيها من ندف وعلي معدل الترشيح .

٣ ـ فترة الترشيح (Filtration Period)

وفى أثنائها يفتح الصمام رقم (١) والصمام رقم (٢) لتمر المياه من أعلى إلي أسفل فى المرشح ومنه إلى خزان المياه المرشحة .

وهى تبدء مباشرة بعد انتهاء فترة الإنضاج ، وفيها يمر الماء خلال المرشح بمعدل ثابت بين مائة وعشرين ومائة وثمانون مترا مكعبا للمتر المسطح في اليوم ، هذا المعدل يجب أن يحفظ ثابتا أثناء الترشيح ويتم ذلك عن طريق منظمات توضع على مخرج المياه من المرشح .

وعند بدء عملية الترشيح يكون الفاقد فى ضغط الماء خلال المرشح حوالي خمسون سنتيمترا ، إلا أنه يأخذ في الانخفاض نظراً لانسداد مسام الطبقة العليا للمرشح بما تحجزه من المواد الغروية العالقة بالماء ـ فإذا وصل هذا الفاقد الى الحد الأقصى المسموح به يتروح من ١,٢٥ إلى ١,٧٥ متر وجب قفل الماء عن المرشح استعداد لتنظيفه .

وتترواح مدة الترشيح أى الفترة بين عمليتى غسيل متتالين ـ ما بين أثني عشر ساعة وثلاثين ساعة ، ويتوقف علي معدل الترشيح وكمية المواد العالقة في الماء ، وكذلك على حجم حبيبات الرمل إلا أنه يجب مراعاة انتظام معدل الترشيح طول هذه الفترة لأن عدم انتظامه قد يودى إلي تشقق في جسم الرمل بالمرشح ، مما يسبب بدوره هروب المياه خلال هذه الشقوق إلي الزلط مباشرة دون أن يحجز منها ما علق بها من شوائب .

٤ ـ عملية الغسيل (Washing Process)

وفى أثنائها يفتح الصمام رقم ٤ والصمام رقم ٥ لتمر المياه من أسفل إلي أعلى المرشح ومنه إلى مجرى مياه الغسيل الى المصرف ـ وهى تبدأ عند وصول فاقد عامود ضغط الماء في المرشح الى أقصاه وهو فى المتوسط حوالى متر

ونصف.

وتتم هذه العملية علي خطوات :

(أ) يقفل الصمام المغذى للمرشح على أن يترك صمام المخرج مفتوحا حتى يصير منسوب الماء في المرشح أعلى من سطح الرمل بحوالى عشرين سنتيمترا ثم يقفل .

(ب) يفتح صمام تغذية المرشح بماء الغسيل ومنه يندفع الماء من أسفل إلي أعلي فى شبكة صرف المرشح ثم طبقة الزلط ثم فى طبقة الرمل وفى نفس الوقت يفتح صمام مخرج مياه الغسيل على أن يكون مرور المياه من أسفل إلى أعلى بمعدل ثابت يتراوح من ٧٢٠ الى ١٢٠٠ متر مكعب للمتر المسطح في اليوم أى أن سرعة المياه إلي أعلى في القطاع الافقى للمرشح تتراوح من ٥٠ ـ ٨٠ سنتمترا / دقيقة نتيجة لهذا تتفكك طبقة الرمل عن بعضها ويتمدد حجمها الكلى ليصبح ارتفاعها من ٧٥ ـ ١٠٠ سنتمتر وتتحرك حبيبات الرمل في الماء الصاعد محتكة ببعضها نافضة عن سطحها ما علق بها من شوائب أثناء عملية الترشيح هذه الشوائب تخرج مع المياه إلي مجرى الغسيل ومنها إلى صمام المخرج. وتستمر عملية الغسيل هذه مدة تتراوح ما بين عشرة وخمسة عشر دقيقة . وتكرر دورة تشغيل المرشح (الثلاثة خطوات السابقة) مرة كل أربع وعشرين ساعة في المتوسط وقد تقصر إلي اثنى عشر ساعة في الاوقات التى تكثر فيها المواد العالقة أو الطحالب وقد تطول الي ست وثلاثين ساعة أو أكثر عندما تكون المياه قليلة الطحالب والمواد الغروية العالقة .

ويتوقف مدى تفكك حبيبات الرمل عن بعضها وتمدد الحجم الكلى للرمل علي العوامل الآتية :

١ ـ حجم حبيبات الرمل .

٢ ـ الوزن النوعى لحبيبات الرمل .

٣ ـ سرعة المياة إلي أعلي ـ فكلما زادت ارتفع سطح الرمل أثناء الغسيل .

٤ ـ درجة حرارة المياة فكلما زادت درجة الحرارة قلت قدرة المياة على تفكيك

حبيبات الرمل عن بعضها لذلك يلاحظ أن معدل مياه الغسيل يزاد في الصيف عنه في الشتاء للحصول على نفس مدى طبقة الرمل أثناء الغسيل

التهوية الابتدائية (Pre- aeration tanks)

تتم عملية التهوية الابتدائية للمخلفات السائلة في أحواض تهوية خاصة تسبق أحواض الترسيب الابتدائية ـ وهى تستعمل إذا كان تركيز المواد العضوية في المخلفات السائلة عاليا ـ والغرض من هذه التهوية هو إزالة الغازات الناتجة عن التحلل اللاهوائى الذى يكون قد حدث للمواد العضوية أثناء انتقال المخلفات السائلة في شبكات الصرف مدة طويلة وكذلك إكساب المخلفات السائلة بعض الأكسجين الذائب ـ مما يساعد علي زيادة كفاءة خطوات المعالجة التالية لذلك ويجب ألا تقل مدة المكث في هذه الأحواض عن عشرين دقيقة ويفضل أن تكون حوالى ثلاثين دقيقة .

طرق التهويـــــة

١ ـ أستعمال الهواء المضغوط الذى يخرج على شكل فقاقيع من فتحات في شبكة مواسير في قاع الحوض .

٢ ـ استعمال قلابات مكانيكية تحدث إضطرباً في سطح الماء مما يجعل الهواء يتخلل جسم المخلفات السائلة .

أحواض حجز الزيوت (Grease removal tanks)

يفضل في حالة تواجد كمية كبيرة من الزيوت والمواد الدهنية في المخلفات السائلة أن تفصل هذه المواد عن بقية المخلفات قبل معالجتها بالترسيب الابتدائى إذ أن تواجد مثل هذه المواد قد يعيق كفاءة الترسيب حيث تطفو على سطح الحوض بما التصق عليها من مواد عالقة ، كما أن وجود الزيوت في الماء الخارج من أحواض الترسيب يقلل من كفاءة عمليات المعالجة التى تعقب الترسيب سواء كان ذلك بتنشيط الحمأة أو الترشيح .

وتتم إزالة الزيوت في أحواض خاصة تتروام مدة المكث فيها بين خمسة وخمسة

عشر دقيقة ـ وفي قاع هذه الأحواض توجد شبكة مواسير مثقبة بخرج منها هواء مضغوط مما يساعد علي تجميع حبيبات الزيوت مع بعضها وطفوها علي سطح الماء في الحوص . كمية الهواء المطلوب في هذه الحالة حوالي نصف متر مكعب لكل متر مكعب من المخلفات السائلة .

الفصل الرابع

تطهير المياه
(Disinfection Of Water)

المياه وما تنقله من أمراض

من البديهى أن آستعمال المياه ملوثا دون تنقية يؤدى إلى انتشار الكثير من الأمراض بسبب ما تحتويه المياة الملوثة من البكتريا والطفليات المسببة لهذه الأمراض ـ وليس أدل علي ذلك من أن الإحصائيات في مختلف بلاد العالم أظهرت أن أنتشار عمليات التنقية للمياه كذلك حسن إدارتها وتشغيلها وتوزيعها للاستعمال المنزلي بين السكان قد أدى إلي انخفاض كبير في انتشار هذه الأمراض التي تنتقل عن طريق استعمال المياه الملوثة .

ومن أهم هذه الأمراض : ـ

١ ـ التيفود	(Typhoid)
٢ ـ الدوسنتاريا الباسيلية	(Dysentery)
٣ ـ الكوليرا	(Cholera)
٤ ـ البلهارسيا	(Bilharzia)
٥ ـ الباراتيفويد	(Paratyphoid)
٦ ـ شلل الأطفال	(Enfantile paralysis)

وتتواجد البكتريا والطفيليات المسببة لهذه الامراض في المياه الطبيعية نتيجة لقذف المخلفات السائلة من المدن في المسطحات المائية ـ وبالرغم من أنها تبدأ في النقصان بسرعة لعدم صلاحية المياه كبيئة مناسبة لتكاثرها إلا أن في استعمالها للأغراض العامة كالرى دون أخذ الاحتياطات الكافية لمنع وصول هذه البكتريا أو الطفليات الى جسم الانسان ، وتطهير الماء هو إبادة جميع ما قد تحويه من بكتريا مسببة للأمراض وكذلك بكتريا القولون (Cloriform Bacteria) ولكن لا تعني

قتل جميع البكتريا الموجودة فى الماء إذ أن هذا مايطلق عليه التعقيم (Sterilization).

وعملية تطهير الماء لا تغنى عما يسبقها من علميات الترسيب والترشيح ولكنها مكملة لما يسبقها من عمليات الغرض منها قتل البكتريا المسببة للأمراض التى لم تحجز في أحواض الترسيب أو المرشحات .

وتتم عملية التطهير بإحدي الطرق الآتية : ـ

١ ـ التطهير بالكلور (الكلورة) (Chlorination)

٢ ـ التطهير بالأوزون (Ozoniation)

٣ ـ تعريض الماء للأشعة الفوق البنفسجية (Exposure to Ultra Violet ray)

٤ ـ التسخين (Heating)

٥ـ التطهير بالجير (Addition of lime)

٦ ـ التطهير بالبروم واليود (Addition of bromine and iodine)

٧ ـ تعريض الماء لأشعة الموجات فوق الصوتية (Ultrasonic Wave)

استعمال الكلور في التطهير

يتميز التطهير بالكلور بسهولة استعماله وكذلك سهولة الحكم على مدى فاعليته التى تتم بالتأكد من وجود قدر من الكلور في الماء بعد فترة من إضافته « تعرف بالكلور الزائد » وتتم عملية التطهير بالكلور بإضافة جرعة من غاز الكلـــور إلي الماء قبل الاستعمال، وتتراوح جرعة الكلور المستعملة في الاحوال العادية ما بين نصف جزء الى جزء في المليون ، أما في حالات الطوارىء كانتشار الامراض المعدية التى تنتقل عن طريق الماء فقد تزاد هذه الجرعة إلى جزئين في المليون .

وتتوقف فاعلية الكلور فى قتل البكتريا على العوامل الآتية :

١ ـ درجة تركيز الايون الهيدروجينى (Hydrogen - ion Concentration) :

فكلما ارتفع التركيز الهيدروجينى فى الماء زادت جرعة الكلور .

٢ ـ درجة الحرارة : حيث تزيد كفاءة التطهير بارتفاع درجة الحرارة .

٣ ـ مدة التفاعل بين الكلور والماء : حيث تزيد فاعلية الكلور مع زيادة الوقت نظراً لمقاومة البكتريا المختلفة لتأثير الكلور ، وأن أقل مدة لازمة قبل استخدام الماء حوالى ٣٠ دقيقة .

٤ ـ عكارة الماء ووجود المركبات الأزونية وكذلك وجود مركبات الحديد والمنجنيز تقلل من فاعلية الكلور في قتل البكتريا .

الكلورين المستهلك (Chlorine demand) والكلورين المتبقي (Chorine residual)

عندما يضاف الكلور الى الماء يستهلك جزء منه في التفاعل مع الكيماويات التي قد تتواجد في الماء ـ هذا الجزء يسمى بالكلور المستهلك ـ ويبقي جزء أخر في الماء وهو ما يسمي بالكلور المتبقي.

علي أن يكون تركيز الكلور المتبقي ـ بعد ٣٠ دقيقة من إضافة الكلور للتأكد من إتمام عملية التطهير ـ يتروواح بين ٢ر - ٣ ر جزء في المليون في الاحوال العادية .

طرق إضافة الكلور

يضاف الكلور الى الماء بإحدى الطرق الآتية : ـ

١ ـ المسحوق الابيض (Bleaching powder)

ويسمي أحيانا كلوريد الجير (Chloride of lime) أو الجير المكلور (Chlorinated lime) وتركيبه الكميائى هو مزيج من كلوريد الكلسيوم القاعدى $CaCl_2$ - $Ca(OH)_2$ وهو مسحوق أبيض مائل للإصفرار له رائحة قوية نفاذة يحتوى الجديد منه علي ٣٢٪ من وزنه كلور فعال .

٢ـ هيبو كلوريت الكلسيوم (Calcium hypochlorite)

وتركيبه الكيميائي هو $Ca(OCl)_2\ 4H_2O+$ وتترواح كمية الكلور الفعال فيه من ٦٠٪ الى ٧٠٪ من وزنه وطلق عليه تجاريا (High test hypochlorite)كما يطلق عليه أسماء تجارية أخرى (Pittochlor) أو (Perchorn) ويمتاز عن المسحوق المبيض بارتفاع نسبة الكلور الفعال وبأن نسبة الكلور **الفعال** لا تتأثر بالتخزين .

وعند استعمال هيبوكلوريد الكلسيوم يحضر محلول مركز منه يضاف الى الماء بالجرعات اللازمة بواسطة أجهزه خاصة .

٣ـ هيبو كلوريت الصوديوم (Sodium hypochlorit)

وتركيبه الكيميائي(NaOCl) ويحتوى هذا الملح علي١٥ ٪ من وزنه كلور فعال ـ ولذلك لا يستعمل بكثرة بالاضافة إلا أن محلوله يسبب تآكلا في المواسير.

واستعمال مركبات الكلور سواء المسحوق الأبيض أو هيبو كلوريت الصوديوم أو الكلسيوم أصبح غير شائع في عمليات تنقية المياه الكبرى نظرا لمتاعب التشغيل إلا أنها لاتزال تستعمل في الحالات الآتية :

١ ـ تطهير شبكات مواسير توزيع المياه بعد إنشائها أو إصلاحها .

٢ ـ تطهير مرشحات وخزانات المياه .

٣ ـ في حالات الطوارىء مثل حالات الفيضانات .

تأثير الكلور في عمليات التطهير

هناك أكثر من تفسير لطريقة قضاء الكلور علي البكتريا وأهم هذه التفسيرات هـي : ـ

١ ـ عند أضافة الكلور الى الماء ينتج أوكسجين أحادى الذرة ، هذا الاوكسجين هو الذى يقضى على البكتريا

$$H_2O + Cl_2 \text{ ---------> } HCl + HOCl$$

$$HOCl \text{ ------------> } HCl + O$$

وكمية حامض الهيدروكلوريك (HCl)الناتجة من هذه العملية ضئيلة جدا لا أهمية لها .

٢ ـ يتفاعل الكلور مع جدران خلية البكتريا ومحتوياتها مسببا بذلك هلاكها .

٣ ـ إحتراق خلايا البكتريا بفعل الكلور أو تحولها الى مواد قابلة للذوبان ، ويؤيد هذا التفسير إختفاء بعض البكتريا وعدم تواجدها سواء حية أو ميتة بعد اضافة الكلور .

استخدام المواد المطهرة الأخرى

ويستخدم منها مواد كثيرة يتوقف مدى استعمالها علي توافر هذه المواد ونوعية المياه وظروف التشغيل ، ومن هذه المواد :

اليود والبرومين (Iodine And Bromine)

وتستخدم لتصرفات المياه الصغيرة ، مثل معسكرات الجيش ، وحمامات السباحة ، وتضاف بجرعات يترواح تركيزها بين ٨ ، ١٠ جزءفي المليون ، ومن عيوب هذه المواد طعم المياه عند استعمالها .

الاوزون (Ozone)

وله تأثير فعال عملية التطهير لأنه مؤكسد قوى ، واستخدامه غير مصحوب بطعم أو رائحة ، ويضاف بتركيز ٢ ـ ٣ جزء في المليون يبقي منه تركيز ١٠ ر جزء في المليون بعد عشرة دقائق من إضافته ، ويختفى ما يتبقي بعد فترة قصيرة ، وهذا هو العيب الرئيسى في استخدام الاوزون والكلور معا ، لجمع مميزات المادتين ـ فالاوزون له تأثير سريع وفعال في عملية التطهير ، والكلور يمكن أن يبقى في المياه فترة طويلة لضمان استمرار التحكم في تلوث المياه في مسارها أثناء التوزيع .

إستخدام الأشعة فوق البنفسجية (Ultra - Violet Rays)

ويمكن استخدامها في المياه الصافية الخالية من العكارة ولها تأثير فعال في عملية التطهير و لا تسبب أي طعم أو رائحة للمياة ، ولكن من ناحية أخري هي طريقة مكلفة وليس لها تأثير إلا أثناء استخدامها ، وليس لها فاعلية في التحكم في تلوث المياه إذا ما تعرضت لأي مصدر تلوث بعد عملية التطهير .

الباب الرابع
معالجة الماء للأغراض الصناعية

الفصل الاول : تيسير المــــــاء

الفصل الثاني : معالجة الميـــــاة

الفصل الاول

تيســـــيرالمـــــــاء
(Water Softening)

تيسير الماء بالترسيب (Precipitation Softening)

من الممكن إزالة العسر لأن كربونات الكلسيوم ($CaCO_3$) وهيدروكسيد الماغنسيوم $Mg(OH)_2$ غالبا لا يذوب فى الماء فكل منهما له درجة اذابة تقريباً في حدود ٣٠ مليجرام / لتر (٣٠ جزء في المليون (30P.P.M) معبرا عنها ككربونات كالسيوم في الماء البارد .

ويستخدم الجير « هيدروكسيد الكالسيوم $Ca\,(OH)_2$ » أو الجير مع الصودا (كربونات الصوديوم $Na_2\,CO_3$) للأضافة الى الماء لترسيب الأملاح المسببة للعسر على هيئة أملاح قليلة الذوبان في الماء .

والعسرة المؤقتة (Temporary Hardness) تقل عند إضافة الجير فقط (وتعرف هذه الطريقة « بطريقة الجير ») بينما طريقة الجير والصودا (Lime-soda process) تقلل كلاً من العسرة المؤقتة والعسرة الدائمة . وطريقة الجير والصودا تتقسم الى : -

- طريقة الجير والصودا على البارد ، وطريقة الجير والصودا على الساخن

والماء اليسر تتم عليه عمليات ترويب وترشيح للتخلص من الأملاح المترسبة .

طريقة إزالة العسرة المؤقتة بالجير (Lime Softening)

تستخدم هذه الطريقة أساسا لخفض العسرة المؤقتة الموجودة في الماء الخام والتفاعلات الأساسية لترسيب الاملاح عند إضافة الجير هى كالآتى : -

$$Ca\,(HCO_3)_2 + Ca\,(OH)_2 \text{ -------->} \; 2Ca\,CO_3 + H_2O$$

$Mg(HCO_3)_2 + 2Ca(OH)_2 \longrightarrow Mg(OH)_2 + 2CaCO_3 + 2H_2O$

كما تزيل هذه الطريقة ثانى أكسيد الكربون الذائب في الماء كما فى المعادلة

$CO_2 + 2Ca(OH)_2 \longrightarrow CaCO_3 + H_2O$

والجرعة اللازمة من الجير يمكن تقديرها على أساس الآتى : -

١ جزء في المليون (1p.p.m) من عسرة بيكربونات الكالسيوم (معبراً عنها ككربونات كالسيوم تحتاج الآتي :

٧٤ر. مليجرام من الجير المطفي (CaCO3)أو

٥٦ ر. مليجرام من الجير الحى (CaO)

كل ١ جزء في المليون (1p.p.m) عسر بيكربونات الماغنسيوم (معبراً عنها بكربونات الكالسيوم ، تحتاج إلي الآتى : -

١,٧٤ر١ مليجرام من الجير المطفي أو ١٠١٢ مليجرام من الجير الحى.

كل جزء في المليون (1p.p.m) من ثاني اكسيد الكربون (معبراً عنه ككربونات كالسيوم) تحتاج إلي الآتى : -

٧٤ ، مليجرام من الجير المطفي أو ٥٦ر مليجرام من الجير الحى .

طريقة إزالة العسرة الدائمة بالجير والصودا على البارد
(Cold Lime _ Soda Softening)

تتم هذه المعالجة عند درجات الحرارة العادية . وتستخدم هذه الطريقة لخفض عسرة الماء الخام سواء كانت عسرة مؤقتة أو مستديمة . ويضاف كل من الجير والصودا الى الماء الخام . وتتم التفاعلات الكميائية بين الجير والصودا من ناحية والماء الخام من ناحية أخرى كالآتى : -

أ - بالنسبة لإزالة العسرة المؤقتة

تتم التفاعلات كما سبق

ب - بالنسبة العسرة الدائمة ، فإن التفاعلات التي تتم وينتج عنها ترسيب

الأملاح الغير ذائبة فهي كالآتى : -

$CaSO_4 + Na_2CO_3$ ----------> $CaCO_3 + Na_2SO_4$

$CaCl_2 + Na_2CO_3$ -------------> $CaCO_3 + 2NaCI$

$Ca(NO_3)_2 + Na_2CO_3$ -----------> $CaCO_3 + 2NaNO_3$

$MgSO_4 + Ca(OH)_2 + Na_2CO_3$ ----------> $Mg(OH)_2 + CaCO_3 + Na_2SO_4$

$MgCl_2 + Ca(OH)_2 + Na_2CO_3$ ---------> $Mg(OH)_2 + CaCO_3 + NaCl$

$Mg(NO_3)_2 + Ca(OH)_2 + Na_2CO_3$ ------------> $Mg(OH)_2 + CaCO_3 + 2NaNO_3$

ويمكن احتساب الجرعة اللازمة من الجير المطفي والصودا كالآتي : - .

كل جزء من العسر الدائم للكالسيوم أوالماغنسيوم (Ca or Mg) (permanent hardness) (معبراً عنه ككربونات كالسيوم) تحتاج إلي :

٠٦ر١ مليجرام من الصودا ($NaCO_3$)أو

٠٠ر١ مليجرام من الصودا (Na_2CO_3) ككربونات كالسيوم .

بالاضافة ، كل جزء من المليون من العسر الناتج عن الماغنسيوم يحتاج إلي :

٧٤ ، مليجرام من الجير المطفي ($Ca\ CO_3$)أو

٦ ٠ر ملجرام من الجيرالحي (CaO)أو

٠٠ر١ مليجرام من الجير المطفي ككربونات الكالسيوم ($CaCO_3$)أو

٠٠ر١ مليجرام من الجير الحى ككربونات الكالسيوم .

وكل العوامل تؤثر على إذابة كل من كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$) أو هيدروكسيد الماغنسيوم $Mg(OH)_2$ وهذا يحدد العسر المتبقي للماء المعالج .

وإزالة العسر بطريقة الجير والصودا على البارد تقلل عسر الكالسيوم الي حوالى ٥٣ مليجرام في اللتر (53mg / lt) تحت ظروف التشغيل السليمة . أما العسر الناتج عن الماغنسيوم فإنه يقل إلى أي مستوى اقتصادى مطلوب الوصول إليه وذلك في وجود زيادة من أيونات الهيدروكسيد ، والتي تعمل علي خفض إذابة هيدروكسيد الماغنسيوم ($Mg(OH)_2$).

وفي طريقة الجير صودا ، فإنه يحدث زيادة هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) بزيادة جرعة الجير المطفي $Ca(OH)_2$ والصودا (Na_2CO_3) والتفاعل الذى يتم كالآتي : -

$$Ca(OH)_2 + Na_2CO_3 \text{ -------->} \quad 2\,NaOH + CaCO_3$$

حيث أن كل واحد مليجرام في اللتر من هيدروكسيد الصوديوم (معبراعنه ككربونات كالسيوم) يحتاج الي

٧٤ر مليجرام / لتر من الجير المطفي أو

٥٦ ر مليجرام / لتر من الجير الحي وكذلك

١٫٠٦ / لتر من الصودا (Na_2CO_3) وهذا بالتالى يتفاعل مع بيكربونات الكالسيوم ، كما في إزالة العسرة بالجير ، كما في المعادلة :

$$Ca(HCO_3)_2 + 2\,NaOH \text{ ---------->} CaCO_3 + Na_2CO_3 + 2\,H_2O$$

والصودا الناتجة من التفاعلات تتفاعل مع أملاح الكالسيوم الغير كربونية المسببة للعسرة ، كما سبق وفي كل طرق إزالة العسرة بالجير على البارد ، فإنه ينتج إنخفاض في كمية السيلكا ، نتيجة لتأثير الحرارة ، وترسيب الحمأة وترسيب هيدروكيد الماغنسيوم .

طريقة الجير والصودا على الساخن

تتم هذه العلمية عند درجة حرارة قرب الغليان للماء . وهذه الطريقة تستخدم أساساً (كلياً) لتغذية مياه الغلايات.

والتفاعلات التى تتم بين الجير والصودا مع الاملاح الموجودة في الماء هي نفس التفاعلات فى طريقة الجير والصودا علي البارد .

وأهم مميزات المعالجة على الساخن الآتى : -

١ - تتم التفاعلات بدرجة أسرع من الطريقة الباردة .

- تتم عملية ترسيب المواد المترسبة بسرعة أكبر .

٣ ـ تتم إزالة جزء من الأكسجين الذائب .

٤ ـ تتم إزالة جزء من السيلكا على هيئة سليكات الماغنسيوم .

٥ ـ تقل درجة العسر بصورة أفضل نتيجة إنخفاض الإذابة لكلٍ من كربونات الكالسيوم وهيدروكسيد الماغنسيوم عند درجات الحرارة العالية .

والماء المعالج بطريقة الجير والصودا على الساخن تصل فيه درج العسر الى ٢٠ الى ٢٥ مليجرام / لتر أما بقية العسر فيمكن أن يقل عند خفض درجة الأس الهيدروجينى من ١٠ إلى ١١ والماء المعالج بالجير والصودا يلزم أن يتبعه عملية الترشيح باستخدام فحم الانتراسيت (Anthracite Coal)لإزالة الندف المتكونة (Floc removal)ولا يفضل استخدام مرشحات الرمل لاحتمال زيادة نسبة السيلكا بتأثير المحلول القلوى الساخن للماء .

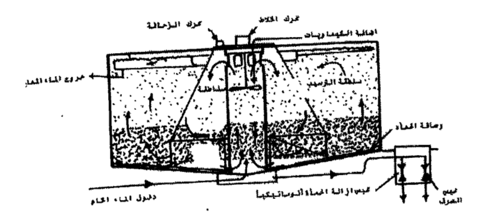
إلا أن طريقة الجير والصودا على الساخن قد بدأت تفقد جزء من تميزها وذلك للآتى :

أ ـ حجم وتكاليف الوحدة المطلوبة .

ب ـ إمكانية خفض درجة العسر الى صفر غير ممكنة .

وحالياً ، فإن طريقة التيسير بالجير والتي يتبعها المعالجة يالتبادل الكتيونى أصبحت تزداد أهمية وفي هذه الطريقة ، إن التيسير بالجير يخفض العسر المؤقت (القلوى) ، ثم أن الماء الناتج يتم تيسره الى درجة الصفر بواسطة التبادل الأيوني باستخدام المبادل الصوديوم الكتيونى (Sodium Cation . Exchanger) انظر صفحة (٨٨) .

وحينما توجد طريقة الجير والصودا ، فإنه من الممكن تعديلها الى طريقة المعالجة بالجير يتبعها وحدة إزالة الأملاح (demineralization) ويمكن أن يكون اختياراً أكثر اقتصاداً .

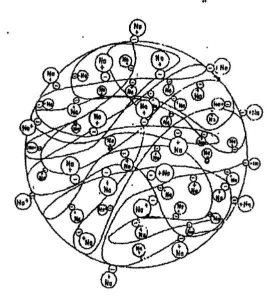


شكل (١٧) رسم توضيحى لطريقة إزالة العسرة الدائمة بالجير والصودا على البارد

إزالة العسر للإستخدامات الصناعية باستخدام الزيوليت (المبادلات الايونية)

يتم إنتاج الماء الخالى من أيونات الكالسيوم والماغنسيوم للإستخدمات الصناعية (Soft water) وكذلك الماء الخالى من جميع الأيونات (demineralised water) بإستخدام مواد تعرف بالزيوليت ، وهي عبارة عن بوليمرات تمتاز بوجود مجاميع فعالة قادرة على التبادل الأيونى مع الايونات السالبة والموجبة المسببة لعسرة الماء .

ولقد كانت أول مادة إستخدمت للتبادل الأيونى هي مادة طبيعية (Green sand) والصودا وكانت تعرف بالزيوليت وتركيبها الكيميائى هو سيليكات صوديوم وألمونيوم . ومع أن هذه المادة قد قل إستخدامها إلا أن أسم الزيوليت أصبح شائعاً لهذه العملية : وتستخدم حاليا مركبات عضوية مختلفة تختلف تماماً عن المادة الأولى فهى عبارة عن مركبات هيكلية تحتوى على الايونات المستبدلة ، كما في الشكل (١٨)



شكل (١٨) يبين نموذج من مادة التبادل الكتيونى يظهر فيها المراكز ذات الشحنات السالبة والتى تمسك بأيون الصوديوم .

وتتميز حبيبات الزيوليت بأنه عند مرور الماء العسر في مسامها يحدث تفاعل تبادلى بين الكالسيوم والماغنسيوم من ناحية والصوديوم الموجود في الزيوليت من ناحية أخرى فيتكون زيوليت الكلسيوم والماغنسيوم الذى لا يذوب في الماء بينما تذوب كبريتات الصوديوم التي لا تسبب عسراً للماء وتخرج معـه .

ويستمر هذا التفاعل ما بين أملاح الكالسيوم والماغنسيوم من ناحية وزيوليت الصوديوم من ناحية أخرى إلي أن يتحول كل زيوليت الصوديوم إلي زيوليت الكالسيوم أو الماغنسيوم .

زيوليت الصوديوم + كبريتات الكالسيوم ـــ> كبريتات الصوديوم + زيوليت الكلسيوم .

ولقد وجد أنه يمكن إعادة زيوليت الكالسيوم أو الماغنسيوم إلي زيوليت صوديوم ثانية وذلك بتمرير محول ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) في مسام حبيبات زيوليت الكالسيوم أو الماغنسيوم فيحدث تفاعل تبادلي ينتج عنه زيوليت الصوديوم ثانية الذى يبقي على شكل حبيبات كما هو بينما يذوب كلوريد الكلسيوم والماغنسيوم في الماء وتخرج معه وتسمى هذه العملية بعملية التنشيط أو إعادة الحيوية لمادة المرشح (Regeneration).

زيوليت الكالسيوم + كلوريد الصوديوم ـــ> كلوريد الكلسيوم + زيوليت الصوديوم

بعض مميزات استخدام طرق التبادل الأيونى

١ ـ الماء المعالج له قابلية منخفضة لتكوين القشور .

٢ ـ طريقة المعالجة سهلة ويعتمد عليها ، كما أن طريقة التنشيط يمكن أن تتم أتوماتيكيا وبتكاليف بسيطة .

٣ ـ مواد التنشيط مواد بسيطة ورخيصة وسهل الحصول عليها .

٤ ـ الميسرات (Softeners) متاحة بسهولة وذات كفاءة عالية .

٥ ـ الاختلاف في معدلات دفع الماء ، والى حد كبير ، ليست لها تأثير على جودة الماء .

أما حدود الميسرات فهى كالاتي :

١ ـ عملية المعالجة لا تؤثر علي القلوية والسيلكا ولا على محتوى الاملاح الذائبة في الماء .

٢ ـ الماء الخام المعكر والذي يحتوى على الحديد والألو منيوم يمكن أن يفسد إلى حد ما التبادل الأيونى .

٣ ـ المواد المؤكسدة القوية مثل الكلور الموجود فى الماء الخام يمكن أن يحطم الراتنج (مادة التبادل الأيونى) .

أنواع المبادلات الأيونية

تتكون المبادلات الأيونية من مجموعة نشطة ثابتة وأيونات متحركة مستبدلة (exchangeable) والتى تتبادل مع الايونات الموجودة في الماء والغير مرغوب فيها مثل أيونات الكالسيوم والماغنسيوم وتنقسم هذه المبادلات الأيونية حسب المجموعة النشطة إلي أربعة مجموعات كالآتى : ـ

١ ـ المبادلات الكتيونية شديدة الحامضية ويرمز لها بالرمز R^1.

(Strong acid cation exchanger (SAC))

٢ ـ المبدلات الكتيونية ضعيفة الحامضية ويرمز لها بالرمز R^2
(Weak acid cation exchanger (WAC))

٣ ـ المبادلات الأنيونية شديدة القلوية ويرمز لها بالرمز R^3
(Strong base anion exchanger (SBA))

٤ ـ المبادلات الانيونية ضعيفة القلوية ويرمز لها بالرمز R^4
(Weak base anion Exchanger (WBA))

وراتنجات (Resins) المبادلات الكتيونية القوية وكذلك راتنجات المبادلات الانيونية القوية تقوم بتحويل الأملاح المتعادلة إلي أحماضها أو قواعدهما علي التوالي. وهذه القابلية تسمي إنفصال الأملاح (Salt splitting) بينما راتنجات المبادلات ذات الحامضية أو القاعدية الضعيفة ليست لها هذه القدرة .

والجدول (٥) يبين نوع الراتنجات ومكوناتها والمجموعة النشطة .

Use	*Type*	*Ionic form*	*Active Group*	*Matrix*
Cation Exchangs Resins				
Sodium Softener	Strong	$Na^{(+)}$	$SO_3^{(-)}Na^{(+)}$	Crces-linked polyatyrene with gal structure
Deminerlization (Twin Bed)	Strong acid	$H^{(+)}$	$SO_2^{(-)}H^{(+)}$	Abave
Deslkalization (mixed bed)	Strong acid	$H^{(+)}$	$SO_2^{(-)}H^{(+)}$	Crces-linked polyatyrene with gal structure
Dealkalization	Weak acid	$H^{(+)}$	$COO_2^{(-)}H^{(+)}$	Crces-linked polyacrylic
Condeneate Polleching	Strong acid	$H^{(-)}NH_4^{(+)}$ or $Na^{(+)}$	$SO_2^{(-)}Ne^{(+)}$	Crces-linked polyatyrene macroporous structure
Anion Exchangs Rwsins				
Demineralization (twin bed)	Strong acid	$OH^{(+)}$	$NR^{3(-)}OH^{(+)}$	Crces-linked polyatyrene isoporous get structure
Demineralization (Twin bed)	Weak acid	$OH^{(+)}$	$NR^{2(-)}OH^{(+)}$ $NR^{3(-)}OH^{(+)}$	As abav
Demineralization (Twin bed)	Strong acid	$OH^{(+)}$	$NR^{3(-)}OH^{(+)}$	Crces-linked polyatyrene macroporous
Organic trap	Strong aci	$CL^{(+)}$	$NR^{3(-)}CL^{(+)}$	Macroporous polyatyrene

١- المبادلات الكتيونية شديدة الحامضية (R^1)

في هذه المجموعة ، فإن المجموعة النشطة الثابتة هى مجموعة حامض السلفونيك (SO_3 H^+) ومجموعة الهيدروجين المرتبطة بهذه المجموعة متبادلة (exchangeable)يمكن أن تتبادل مع أى كتيون موجود في الماء (وتسمى دورة الهيدروجين) (Hydrogencycle)كم فى المعادلات :

$HR^1 + NaCl$ <----------> $NaR^1 + HCl$

$2HR^1 + CaCl_2$ <----------> $CaR^1_2 + 2HCl$

$HR^1 + Ca(HCO_3)_2$ ----------> $CaR^1_2 + 2H_2CO_3$

وراتنجات هذة المجموعة يتم تنشيطها بإستخدام حامض معدنى مخفف (٢٪

إلي ٦ ٪ بالوزن) من حامض الكبريتيك أو ٤٪ إلى ١٠ ٪ محلول مخفف بالوزن من حامض هيدروكلوريك (HCl)

ودورة التنشيط كالآتى :

$CaR^1 + 2HCl$ <----------> $2HR^1 + CaCl_2$

$2NaR^1 + H_2SO_4$ <----------> $2HR^1 + Na_2SO_4$

وفى حالة التنشيط بإستخدام حامض الكبريتيك ، فإن كبريتات الكالسيوم المتكونة يمكن أن تترسب على الراتنج وتجعله غير نشط .

والبديل لدورة الهيدروجين المذكورة أعلاه ، يمكن أن يستخدم راتنجات على أساس أن يكون الأيون المستخدم أينون صوديوم (Na+) بدلا من الهيدروجين (H+) وتسمي « دورة الصوديوم »وذلك كالآتى :

$2NaR^1 + CaCl_2$ <----------> $CaR^1_2 + 2NaCl$

$2NaR^1 + MgSO_4$ <--------> $MgR^1_2 + Na_2SO_4$

$2NaR^1 + Ca(HCO_3)_2$ <-------> $CaR^1_2 + 2NaHCO_3$

وتتم دورة التنشيط كالتالى :

$CaR^1 2 + NaCl$ ----------> $2NaR^1 + CaCl_2$

$MgR_2^1 + 2NaCl_2$ -----------> $2NaR + MgCl_2$

حيث يستخدم للتنشيط محلول مخفف من كلوريد الصوديوم ١٠ ٪ بالـــوزن (١٠٪ w/w) وكفاءة التنشيط لراتنجات المبادلات ذات الحامضية القوية من ٣٠ ٪ إلي ٤٠ ٪ وهذه المبادلات قد وجد أن لها مجال كبير للإستخدام حيث تستخدم في دورة الصوديوم وفى دورة الهيدروجين للتيسير وإزالة القلوية والكاتيونات (dealkalization and decationization)

٢- المبادلات الكتيونية ضعيفة الحامضية (R^2)

(Weak acid cation exchange Resins)

والمجموعة النشطة في المبادلات الكتيونية ضعيفة الحامضية (R^2) هـــي

مجموعات الكربوكسيل (Carboxylic groups)وهى المجموعة الثانية ، وأن أيونات الهيدروجين (H^+) هى التى تتبادل مع أي كتيون موجود مع القلوى ، كما في المعادلات :

$2HR^2 + Ca(HCO_3)_2 \leftarrow\!\!-\!\!-\!\!-\!\!-\!\!-\!\!-\!\!\rightarrow CaR^2{}_2 + 2H_2CO_3$

$2HR^2 + Mg(HCO_3) \leftarrow\!\!-\!\!-\!\!-\!\!-\!\!-\!\!\rightarrow MgR^2{}_2 + 2H_2CO_3$

$HR^2 + NaHCO_3 \leftarrow\!\!-\!\!-\!\!-\!\!-\!\!-\!\!\rightarrow NaR^2 + HCO_3$

$HR^2 + NaOH \leftarrow\!\!-\!\!-\!\!-\!\!-\!\!-\!\!\rightarrow NaR^2 + H_2O$

ويستخدم في التنشيط حامض الكبرتيك بتركيز من ٥ ر٠٪ إلي ٠٠ر١ ٪ بالوزن أو محلول مخفف من حامض هيدروكلوريك ٠ر١ إلي ٠ ر٤ بالوزن كما في المعادلات الآتية واحتمال أن كبريتات الكالسيوم يمكن أن تترسب جائز عند إستخدام حامض الكبريتك للتنشيط ، كما في المعادلات :

$CaR^2{}_2 + H_2SO_4 \dashrightarrow 2HR^2 + CaSO_4$

$MgR_2{}^2 + H_2SO_4 \dashrightarrow HR^2 + MgSO_4$

$NaR^2 + H_2SO_4 \dashrightarrow 2HR^2 + NaSO_4$

ويمكن أيضا أن تتم في دورة الصوديوم الآتى كما في المعادلات :

$2NaR^2 + Ca(HCO_3)_2 \dashrightarrow CaR^2{}_2 + 2NaHCO_3$

$2NaR^2 + Mg(HCO_3)_2 \dashrightarrow Mg^2{}_2 + 2NaHCO_3$

ودورة التنشيط هي كما في المعدلة :

$CaR^2{}_2 + 2NaCl \dashrightarrow 2NaR^2 + CaCl_2$

والمبادلات الكتيونية ضعيفة الحامضية لا تستخدم في حالة الأملاح المتعادلة ولا تعمل عند أس هيدروجيني أقل من ٥ . والاستخدام الأساسى هي عملية تيسير الماء (Softening) وكذلك إزلة القلوية (dealkalization) ، وعادة تستخدم مع راتنجات المبادلات الكتيونية قوية الحامضية . وهذه المبادلات الضعيفة الحامضية ذات كفاءة تشغيل عالية جداً قد تصل إلي ٩٠٪ وتحتاج إلي جرعة صغيرة من الحامض لعملية التنشيط .

٣- المبادلات الأنيونية ذات القاعدة القوية (R^3)

(Strong Base Anion Exchange Reins) (**SBA**)

المجموعة النشطة في المبادلات الأنيونية ذات القاعدية القوية هي مجموعة أمونيوم (R_3^+) ومجموعة الهيدروكسيد المرتبطة هى المجموعة القابلة للتبادل ويمكن تبادلها مع أي أنيون (anion) موجود في الماء . وهذه الدورة تعرف بدورة الهيدروكسيد ((OH-) (hydroxy cycle)) ويتم إزالة كل الاحماض المعدنية كما في المفاعلات الآتية :

$$R^3 OH + HCl \text{ --------> } R^3 Cl + H_2O$$
$$R^3 OH + HNO_3 \text{ --------> } R^3NO_3 + H_2O$$
$$R^3 OH + H_2 SO_4 \text{ --------> } R^3 SO_4 + H_2 O$$
$$R^3 OH + H_2 CO_3 \text{ --------> } R^3 HCO_3 + H_2 O$$
$$R^3 OH + H_2 SiO_3 \text{ --------> } R^3 HSiO_3 + H_2 O$$

وكفاءة هذه التفاعلات حوالى ٣٠٪ إلي ٤٠ ٪ وتتم التنشيط بإستخدام محلول مخفف من هيدروكسيد الصوديوم (٤٪ بالوزن). فى المعادلات الآتية:

$$R^3 Cl + NaOH \text{ <----------> } R^3 OH + NaCl$$
$$R^3 NO_3 + NaOH \text{ <-------> } R^3 OH + NaNO_3$$
$$R\ ^3SO_4 + 2NaOH \text{ <-------> } 2R^3 OH + Na_2 SO_4$$
$$R^3HCO_3 + NaoH \text{ <--------> } R^3OH + NaHCO_3$$
$$R^3 HSiO_3 + NaOH \text{ <--------> } R^3 OH + NaHSiO_3$$

وهذه يمكن أن تعمل أيضا في دورة الكلوريد (Chlorid cycle)

$$2R^3 Cl + Na_2 SO_4 \text{ <---------> } R^3\ _2 SO_4 + 2NaCl$$

ودورة التنشيط تتم كما فى المعادلة :

$$R^3\ _2SO_4 + 2NaCl \text{ <-----------> } 2R^3Cl + Na_2SO_4$$

ومحلول التنشيط الواقعى يحتوى علي ١ ٪ هيدروكسيل صوديوم وكذلك ١٠ ٪ كلوريد الصوديوم (ملح الطعام)

٤- المبادلات الأنيونية ذات القاعدة الضعيفة (R^4)

(Weak Base Anion Exchange Resins) (WBA)

وفي هذه المجموعة ، فإن المجموعة النشطة الثابتة هى مجموعة الأمين الرباعية (Tertiary amino Groups) وهى مجموعة تستخدم أساسا لمعادلة الأحماض المعدنية وليس لها أي تأثير على الاحماض الضعيفة ، وعلى سبيل المثال حامض الكربونيك (Carbonic acid)وحامض السليسك (Silicic acid) ويستخدم في تنشيط راتنجات المبادلات الأنيونية ضعيفة القاعدية هيدروكسيل الصويوم أو الصودا أش أو الأمونيا وتتم هذه العمليات كالآتى :

$$R^4 + HCl \text{-------}> R^4HCl$$

وتتم دورة التنشيط كالآتي

$$R^4HCl + NaOH \text{---------}> R^4 + NaCl + H_2O$$

$$R^4HCl + Na_2CO_3 \text{----------}> R^4 + NaCl + NaHCO_3$$

وراتنجات هذه المجموعة لـه قدرة للتنشيط أكبر من الراتنجات ذات القاعدية القوية وتستخدم فى إزالة الأيونات تماما (demineralizers) مع راتنجات المبادلات ذات القاعدية القوية لتخفيض تكاليف التنشيط ، وحماية راتنجات المبادلات قوية القاعدية من التلوث بالمواد العضوية (Organic Fouling)

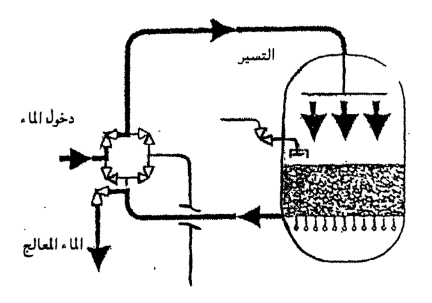
مراحل تشغيل المبادلات الأيونية

ومراحل تشغيل المبادلات الأيونية تتكون من عدد خمسة مراحل أساسية كالآتـــى : -

١- دورة التفاعل أو التشغيل : (Reaction (Service) cycle)

وفى خلال هذه الدورة ، فإن الماء المطلوب معالجته يمر من أعلى إلي أسفل خلال طبقات الراتنج ، حيث يتم التبادل بين الايونات الغير مرغوب فيها والموجودة في

الماء مع أيونات الصوديوم أو الهيدروجين الموجودة في الراتنج (الزيوليت) حتي يتم أستنفاذ الراتنج (أى الايونات المستبدلة) والشكل (١٩) يوضح هذه العملية .



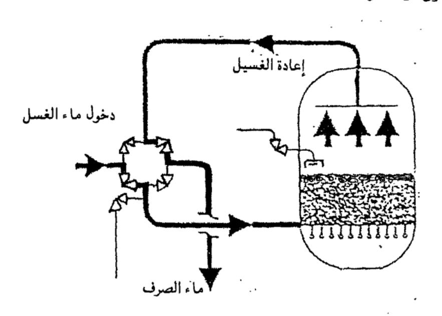
شكل (١٩) عملية التيسير (Softening)

حيث يمر الماء المطلوب معالجته من أعلى إلى أسفل خلال طبقات حبيبات الراتنج (الزيوليت) ليخرج نقياً خالياً من الأيونات الغير مرغوب فيها ومعدل الضخ للمعالجة من ١٢ إلى ١٥ م٣ / ساعة .

٢ـ دورة إعادة الغسيل (Back Wash Cycle)

يتم إعادة غسيل الراتنج المستنفذ وذلك بضغط تيار من الماء من أسفل إلي أعلى . ومعدل ضخ الماء يكون كافياً لتقليب الراتنج وزيادة حجمه بحوالى ٥٠٪ وليس بمعدل أكبر يجعل الراتنج يخرج مع الماء. وهذه العملية تعمل على تفكيك حبيبات الراتنج من بعضها بعد مرحلة التفاعل وإزالة أي رواسب مترسبة على الحبيبات وإعادة توزيع حبيبات الراتنج بانتظام. وماء اعادة الغسيل يخرج إلي

المجارى. والشكل (٢٠) كيفية تشغيل هذه المرحلة.

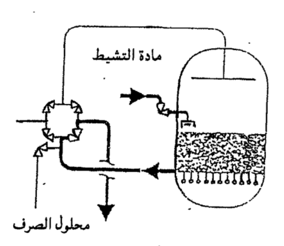


(شكل ٢٠ يبين كيفية إعادة غسيل الراتنج الزيوليت)

حيث يمر ماء اعادة الغسيل من أسفل إلي أعلى خلال طبقات الراتنج لتتم عملية تفكيك الحبيبات وإزالة المواد الصلبة العالقة أو المرسبة على الحبيبات أثناء عملية المعالجة . ومعدل ضخ الماء على البارد من ١٠ إلى ٢٠ م٣ / ساعة ، أما على الساخن فيرتفع معدل الضخ من ٣٠ الى ٣٧ م٣ / ساعة .

٣ـ دورة التنشيط (Regeneration Cycle)

يتم ضخ كيماويات التنشيط بالتركيز المطلوب بمعدل منخفض فى اتجاه من أعلي إلى أسفل ويمر محلول التنشيط بين طبقات الراتنج حيث يتم استبدال الأيونات الغير مرغوب فيها والمرتبطة بالراتنج بأيونات الصوديوم أو الهيدروجين الموجودة فى محلول التنشيط . أما المحلول الناتج من هذه العملية فيتم التخلص منه والشكل (٢١) يوضح كيفية تشغيل هذه المرحلة .

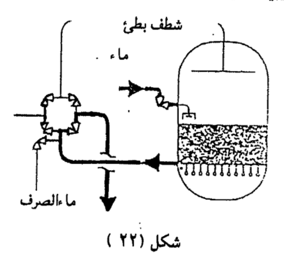


شكل (٢١)

يبين عملية تنشيط حبيبات الراتنج (الزيوليت) حيث يمر محلول مادة التنشيط خلال طبقات مادة الراتنج بمعدل وتركيز منتظم، ويتم ضخ المحلول بمعدل من ٤ إلى ٨ (م٣ / ساعة) .

٤ـ دورة شطف بطيئة (Slow rinse cycle)

بعد عملية التنشيط يتم شطف الراتنج بتيار من الماء يتم ضخه من أعلي إلى أسفل . وكمية الماء المطلوب لهذ العملية تكون حوالى نصف كمية الراتنج . والشكل (٢٢) يبين خطوات تشغيل هذه المرحلة .

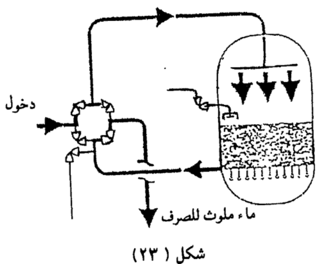


شكل (٢٢)

يبين عملية الشطف البطىء حيث يمر الماء خلال طبقات الراتنج ليحل محل محلول مادة التنشيط ليخرج إلي الصرف. ومعدل ضخ الماء من ٤ إلى ٨ (م٣ / ساعة)

٥ـ دورة الشطف السريع (Fast rinse Cycle)

يتم دفع تيار من الماء إلي أسفل لشطف بقايا محلول التنشيط من طبقات الراتنج وعملية الشطف السريع عملية هامة للتأكد من جودة الماء الناتج من المعالجة في المرحلة اللاحقة وهى دورة التفاعل . والشكل (٢٣) يبين خطوات تشغيل هذه المرحلة :

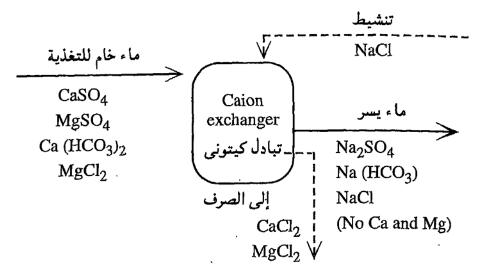


شكل (٢٣)

يبين دورة الشطف السريع حيث يمر ماء الشطف خلال طبقات الراتنج من أعلي الى أسفل ليزيل أي آثار لمحلول مادة التنشيط ومعدل الضخ (١٢م٣ / ساعة)

التيسير باستخدام زيوليت الصوديوم (Sodium Zeolite Sofening)

زيوليت الصوديوم أو المبادلات الكتيونية شديدة الحامضية) تستخدم فى تيسير الماء ويستخدم أيضا محلول من ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) فى تنشيط الراتنج. فى هذه الطريقة لا يوجد أي تأثير نحو خفض محتوى الأملاح الذائبة أو القلوية والشكل (٢٤) يوضح هذه العلمية :



شكل (٢٤) يبين دورة زيوليت الصوديوم الكتيونى شديدة الحامضية حيث يتم إستبدال أيونات الكالسيوم والماغنسيوم الموجود فى الماء - والمسببة للعسرة - بأيونات الصوديوم الموجودة فى المبادلات الكتيونية كما يظهر أيضا مادة التنشيط وهي محلول ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) التي تقوم باستبدال أيونات الكالسيوم والماغنسيوم فى المبادلات المستنفذة .

التيسر باستخدام كلٍ من زيوليت الصوديوم وزيوليت الهيدروجين معاً
(Sodium Zeolite / Hydrogen Zeolite Stream Softening)

في هذه العملية تتم علي أساس أن يعمل كلٌ من زيوليت الصوديوم وزيوليت الهيدروجين جنباً إلي جنب بحيث يخرج الماء المعالج من كلٍ منهما منفصلاً ثم يتم خلطهما معا للحصول على ماء معالج ذى القلوية المطلوبة. ويستخدم في هذه الطريقة نفس عمليات التشغيل السابقة وتتكون وحدات المعالجة من وحدة زيوليت الهيدروجين ووحدة زيوليت الصوديوم ووحدة التخلص من الكربونات decarbonator) ووحدة لتنظيم عملية الخلط، كما في الشكل (٢٥)

وفى هذه العملية ، تقوم وحدة تيسير زيوليت الصوديوم بتحويل عسر البيكربونات الى قلوى بيكربونات الصوديوم ، بينما تقوم وحدة التيسير بزيوليت الهيدروجين بتحويل الكبريتات والنيترات والكلوريد إلي احماضها المعدنية ، وبالتالى فعند خلط تيار الماء المعالج الخارج من كل وحدة بنسب معينة ، فإن

القلوية الموجودة في الماء المعالج بوحدة تيسير زيوليت الصوديوم يتم معادلتها بالماء الحامضي الناتج من وحدة زيوليت الهيدروجين والتفاعلات الآتية توضح ما سبق وهى كالآتى :

$$Na\,HCO_3 + HCl \text{ ----------> } NaCl + H_2CO_3$$
$$2\,NaHCO_3 + H\,SO_4 \text{ ---------> } Na_2SO_4 + 2\,H_2\,CO_3$$
$$NaHCO_3 + HNO_3 \text{ -----------> } NaNO_3 + H\,CO_3$$

ومن المعادلات نجد أن الحامض الناتج من التفاعلات الثلاثة هو حامض الكربونيك (H_2CO_3) وهو حامض غير ثابت ، حيث يتحول إلي ثانى أكسيد الكربون والماء وغاز ثاني أكسيد الكربون المتكون يتم التخلص منه إما باستخدام وحدة إزالة الكربونات (decarbonator) أو وحدة التخلص من الغاز بالتخلخل (Vacuum degasifier). وللحصول على القلوية المطلوبة ، فيمكن احتساب نسبة الخلط باستخدام المعادلة الآتية :

$$\text{نسبة الماء المعالج من وحدة زيوليت الهيدروجين} = \frac{(Ai - Am \times 100)}{(Ai + FMA)}$$

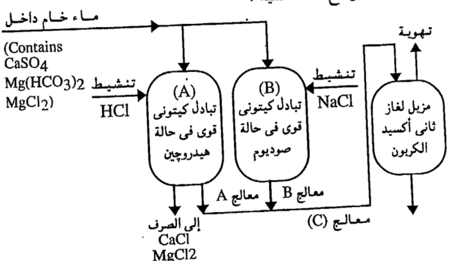
حيث أن : ـ

Ai = قلوية الماء

Am= القلوية المطلوبة في الماء المعالج النهائى .

FMA= الحامضية الحرة الموجودة : (والتى تعتمد على الأملاح الموجودة سواء كان كبريتات أو نيترات أو كلوريد) .

والشكل (٢٥) يوضح هذه العملية :



شكل (٢٥) يوضح دورة التيسير باستخدام كل من زيوليت الصوديوم والهيدروجين ومن الشكل نجد أن الوحدة (A) تقوم باستبدال أيونات الكالسيوم والمغنسيوم (Ca^{++} & Mg^{++}) بأيونات هيدروجين ليحتوي الماء المعالج الناتج على الأحماض المعدنية المقابلة للأملاح وهى HNO_3 H_2SO_4 , HCl .. ألخ

أما في الوحدة (B) فيتم استبدال أيونات الكالسيوم والماغنسيوم بأيونات الصوديوم لتكوين أملاح الصوديوم الذائبة وهي بيكربونات الصوديوم ($NaHCO_3$) وكلوريد الصوديوم (NaCl) وبيكربونات الصوديوم ($NaHCO_3$)...ألخ ويتم خلط الماء المعالج فى الوحدة (A) مع الماء المعالج في الوحدة (B) حيث التعادل بين الاثنين كما في المعادلة الآتية :

$$2NaHCO_3 + \begin{matrix} 2HCl \\ H_2SO_4 \\ 2HNO_3 \end{matrix} \dashrightarrow 2Na \left| \begin{matrix} 2Cl \\ SO_4 \\ 2NO_3 \end{matrix} \right| + H_2CO_3$$

إزالة القلوية باستخدام زيوليت الصوديوم مع الراتنجات الانيونية للكلور

(Sodium Zeolite / Chloride Anion Dealkaliztion)

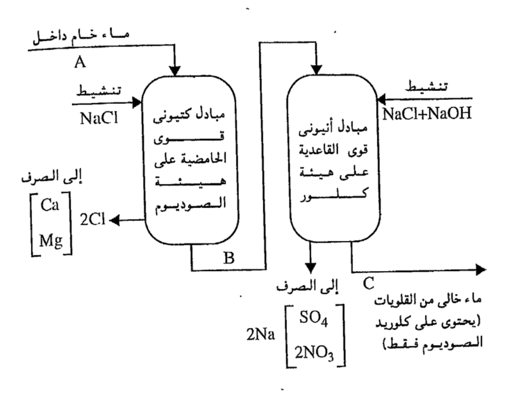
فى هذه الطريقة ، فإن الماء المطلوب معالجته يعالج خلال وحدة التيسير باستخدام زيوليت كتيونى صوديومى (Sodium Zeolite softener)لإزالة أملاح الكالسيوم والماغنسيوم ، يلي ذلك المعالجة باستخدام راتنجات أنيونية شديدة القاعدية حيث تعمل على أستبدال أيونات الكبريتات والبيكربونات والنيترت بأيونات الكلوريد ، كما في الشكل (٢٦)

فعند معالجة الماء باستخدام وحدة زيوليت الصوديوم ، فإنه يحتوى على أملاح الكلوريد بدلا من الكبريتات والبيكربونات والنيتريت وعند مرور هذا الماء على وحدة إزالة القلوية (dealkizer) وهى وحدة المعالجة بالراتنجات الانيونية فيتم إستبدال الأيونات الموجودة كما في المعادلات الآتية :

$$Na_2SO_4 + 2R^3Cl \dashrightarrow 2NaCl + R SO_4$$

$$NaNO_3 + R^3Cl \dashrightarrow NaCl + R NO_3$$

$$NaHCO_3 + R^3Cl \dashrightarrow NaCl + R^3 HCO_3$$



شكل (٢٦)

شكل (٢٦) يبين كيفية تشغيل الزيوليت الكيتوني الصوديمي مع الزيوليت الأنيونى المحتوى على الكلوريد وفيه يظهر أن الماء الخام المغذى للوحدة (A) قد يحتوى على الكالسيوم والماغنسيوم للكبريتات والبيكربونات والنتيريت أما الماء المغذي للوحدة (B) فأنه يحتوي علي كبريتات الصوديوم وبيكربونات الصوديوم وكذلك نيتريت الصوديوم أما المـاء الخارج (C) فإنه يحتوى علي كلوريد الصوديوم (NaCl).

إزالة الأملاح الذائبة (القلوية) والمتأينة من الماء كلياً

(Demineralization (Deionization)

وتعتمد درجة إزالة الأملاح الذائبة على الطريقة المستخدمة فالزيوليت الكيتوني الهيدروچينى يحول الأملاح الذائبة إلي أحماضها والزيوليت الأنيوني بالتالى يزيل هذه الاحماض ويمكن استخدام الزيوليت الأنيوني ضعيف للقلوية (SBA)وذلك حسب المعادلة الآتية :

$$R^4 + HCl \text{ ---------> } R^4 HCl$$

ويتم تنشيط الراتنجات الكتيونية بحامض هيدروكلوريك أو حامض كبريتك ، أما الراتنجات الأنيونية فيتم تنشيطها بمحلول قلوى مثل هيدروكسيد الصوديوم .

ووحدة التخلص من الاملاح كليا (demineralizer) تتركب من عمود زيوليت كتيوني شديد الحامضية وعمود زيوليت أنيونى شديد القاعدية يعملان على التوالى. وهناك العديد من التراكيب المختلفة من الراتنجات يتم تكوينها للحصول على الماء خالى من كل الاملاح تناسب الاستخدام المطلوب. وهناك أيضا مخلوط من الراتنجات الكتيونية والانيونية يعملان معا فى عمود واحد بوحدة التخلص من الأملاح ذات الطبقات المختلطة (mixed bed demineralizer) للحصول على ماء علي درجة عالية من النقاء، ويمكن تلخيص طرق التخلص من الأملاح كالاتى:

١- التخلص من الأملاح الذائبة على مرحلتين (A two - Stage) باستخدام راتنج كيتونى شديد الحامضية (SAC) وراتنج أنيوني شديد القاعدية (SBA) في هذا التنظيم يتم التخلص من الأملاح المعدنية الذائبة وتشمل أيضا ثانى اكسيد الكربون والسليكا.

٢ ـ التخلص من الأملاح الذائبة على مرحلتين باستخدام راتنج كتيونى شديد الحامضية (SAC) وراتنج أنيوني ضعيف القاعدية (WBA) وهذا التنظيم يزيل الأملاح المعدنية الذائبة ولكن لا يزيل ثاني اكسيد الكربون أو السليكا.

٣ ـ خليط من المبادلات ، وهذا الخليط يزيل الأملاح المعدنية الذائبة ويشمل أيضا ثاني أكسيد الكربون والسيلكا وينتج عنه ماء علي أعلى درجة من النقاء.

وكل الطرق المذكورة تستخدم في خلطات مختلفة وذلك للتخلص من الاملاح الذائبة وتعتمد على كمية الماء المطلوب معالجته ودرجة النقاء المطلوبة . ووحدات المعالجة متاحة بأحجام متعددة ، وكفاءة التشغيل في جميع هذه الوحدات عالية .
ومن أهم مميزات عمليات إزالة الاملاح الذائبة (demineralization)يمكن تلخيصها في الآتى :

١ - خفض تكوين القشور وذلك بإزالة الأملاح الذائبة ، والتى تشمل السيلكا وهذه ذات أهمية خاصة في الغلايات التى تعمل عند ضغوط عالية .

٢- خفض الأملاح الذائبة الكلية (TDS)يخفض من عملية تفوير الغلاية (blowdown)، وهذا ينتج عنه وفر فى الماء والكيماويات المستخدمة .

٣ - الحصول على ماء علي درجة عالية من النقاء بالمقارنة بالماء الذى ينتج بالتقطير (distillation)

والجدول رقم (٦) يبين تأثير تكوين الماء المعالج بطرق التبادل الأيونى على خواص الماء الناتج .

جدول (٦) يبين مواصفات الماء بالنسبة للنوعيات المختلفة من المعالجة

	ماء خام غير معالج	تيسير بزيوليت الصوديوم	إزالة القلوية Dealka - lization	* إزالة الأملاح المتأينة باستخدام (WBA)	** إزالة الأملاح المتأينة باستخدام (SBA)	*** إزالة الأملاح المتآينة باستخدام خليط
- مجموع الاملاح الذائبة "(TDS)ppm"	٣٥٠	٣٥٠	٣٥٠	أكثرمن ٣>	أكثرمن ٢>	أكثرمن ١>
- العسر الكلى (ppm)	٣٠٠	أقل من ٥	٤٠	—	—	—
- القلوية (ppm)	٢٧٠	٢٧٠	١٠	—	أقل من ٢	—
-العسر الدائم (ppm)	٣٠	أقل من ٥	٣٠	—	—	—
- ثانى أكسيد الكربون	١٠	١٠	٥ ،	—	—	—
-الأس الهيدروجينى (pH)	٧,٧	٧,٧	٧,٥	٤,٥	٨,٤	٧
- السيلكا	٥	٥	٥	٥	أقل من ٢ ر	أقل من ٠٥ ر

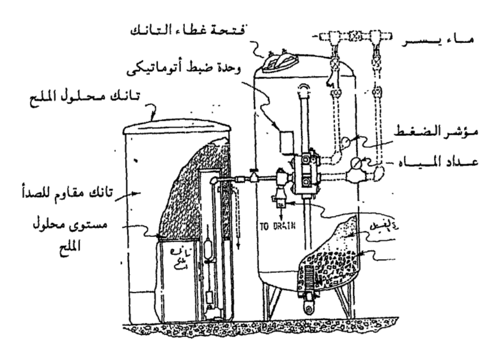
* Deionization : two - sage weak Base Anion.

* * Deionization : two - stage Strong Base Anion

* * * Mixed Bed Deionzation

مرشح الزيوليت (وحدة تيسير الماء)

ومرشح الزيوليت يشبه إلي حد كبير المرشح الرملي السريع وهو أيضايعمل إما بالجاذبية أوتحت ضغط كما فى (الشكل ٢٧) والمرشحات التى تعمل بالانحدار الطبيعى تتكون من صندوق من مادة صماء مثل الخرسانة المسلحة أو الصلب وفي قاع الصندوق توجد شبكة من المواسير المثقبة تعلو هذه الشبكة طبقة من الزلط بإرتفاع ٣٠ سم طبقة من زيوليت الصوديوم بإرتفاع ٢ متر أما النوع الثانى الذى يعمل بالضغط فيتكون من اسطوانة محكمة إما رأسية أو أفقية والاسطوانة فى قاعها شبكة صرف المرشح يعلوها الزلط ثم طبقة زيوليت الصوديوم.



(شكل (٢٧) يبين وحدة تيسير الماء (water softener)

طرق إزالة الحديد والمنجنيز

تتوقف طريقة إزالة أملاح الحديد والمنجنيز على طبيعة وجودهما في الماء ـ ولذلك يستحسن عمل تجارب معملية على عينة من الماء لتقرير الطريقة المناسبة الفعالة ـ ومن الطرق المستعملة لهذا الغرض : إضافة الكلور ، مرشحات الزيوليت ، إضافة الجير ، إلا أن أهم هذه الطرق هو تهوية الما ، ثم الترسيب والترشيح .

وتستعمل التهوية يالماء لأكثر من غرض منها التخلص من الغازات الذائبة في الماء مثل غاز كبريتور الهيدروجين ، ثانى اكسيد الكربون وكذلك في إزالة الروائح من الماء . ويتم هذا بطريقة ميكانيكية دون تفاعل كيميائي لأية أملاح ذائبة في الماء إذ تطرد المياة مافيها من غازات ليحل محلها الأكسجين وغيره من غازات الجو الذى لا تسبب طعما للمياه أما استعمال التهوية لإزالة أملاح الحديد والمنجيز فيتضمن تفاعلا كميائيا بين أملاح الحديد الذائبة على هيئة أملاح الحديدوز (Ferrous salts) والاكسجين الجوي مما يحولها إلي أملاح الحديديك (Ferric salts) التى لا تذوب في الماء مما يسهل ترسيبها أو ترشيحها. والأكسجين اللازم لإزالة مركبات الحديد فى الماء هو ١٤ر جزء من المليون لكل جزء في المليون من الحديد المطلوب إزالته ـ وتتوقف كفاءة عملية التهوية على مساحة المسطح المائي الذى يتعوض للهواء وكذلك مدة بقاء هذا السطح معرضاً للهواء .

الفصل الثانى
معالجة مياه المراجل
Water Boiler Treatment

يعتبر استخدام الماء في المراجل البخارية المستخدمة لغرض التسخين أو توليد الماء المقطر من الاستخدمات الرئيسية للماء في الصناعة غير أن هذا النوع من الاستخدام يواجهه العديد من المشاكل والصعوبات التى قد تؤدى أحياناً إلى كوراث صناعية كما هو الحال عند انفجار المراجل البخارية أو الأنابيب وذلك بسبب الترسيبات الكلسية التى تؤدى بدورها إلى ظاهرة فوق التسخين (super heating) حيث تترسب القشرة الكلسية من المياة الحاوية على البيكربونات والتى عند تسخينها تتفكك كالآتى :

$$Ca(HCO_3)_2 \longrightarrow CaCO_3 + H_2O + CO_2$$

مما يؤدى إلي انسداد شبكة الأنابيب الناقلة والمستخدمة في التبادل الحرارى كلياً أو جزئيا إضافة إلى ذلك فإن هذه الترسيبات الكلسية تقلل من كفاءة التبادل الحرارى للوحدة .

وقد تتكون ترسيبات أخرى غير كربونات الكالسيوم مثل التراكيب القشرية المتكونة من كبريتات الكالسيوم وهذه الظاهرة مألوفة فى المراجل البخارية ويرجع سببها إلى الاختلاف الكبير بين درجة حرارة سطوح التسخين والماء وبزيادة سمك الطبقات القشرية المترسبة تقل قابلية التوصيل الحرارى أي تقل كفاءة التسخين لأن توصيلة الترسيبات تقل عن توصيلة الحديد وعليه الحصول على نفس الكمية من البخار يحتاج الى رفع درجة الحرارة لتلافى النقص الحاصل في التوصيل وبسبب سوء التوصيل الحرارى بين المعدن والماء ترتفع درجة حرارة المعدن إلي حد قد تبلغ درجة حرارة ليونته وقد تتكون ترسيبات أخرى من نوع السليكات (Silicate scale) وهذه أكثر خطورة لأن توصيلهاالحرارى منخفض جدا فإن ترسب طبقة من السيلكات بسمك ٥ . . ر سم تكون كافية لانفجار المراجل البخارية . والترسيبات الأخرى المألوفة في الصناعة هي أكاسيد الحديد التي ترتبط عند النقاط الساخنة فتكون طبقة كثيفة من أوكسيد الحديد المغناطيسى(Fe_3O_4) الذى يؤدى أيضا إلى خلل في المراجل البخارية وفي بعض الحالات يكون العزل

الحرارى في المراجل البخارية ناجما بسبب إحاطة السطوح الداخلية للمرجل بطبقة زيتية حيث أن توصيلة الزيت منخفضة جدا إذ تبلغ ٠٠٢ر٠ من توصيلة الحديد إضافة إلى ذلك فإن تلوث مياه المراجل بالزيت تؤدى إلي صعوبات أخرى مثل تكوين الرغوة وغيرها .. عليه فإن المياه المستخدمة في المراجل يجب أن تجرى عليها معالجات خاصة وأن تكون هذه المياه بمواصفات محددة.

وتتم معالجة المياة المستخدمة في تغذية الغلايات على مرحلتين هما :

المرحلة الأولى : وتتم على الماءقبل دخوله الغلاية وتجرى عليه عمليات التنقية التى سبق ذكرها وهي مراحل إزالة العسرةوالتيسير والماء الخالى من الأيونات ومقاومة التآكل .

المرحلة الثانية : وتتم علي مياه التغذية داخل الغلاية .

فالمعالجات الخارجية قد لا تكون كافية تماما لنوعية الماء المغذى للغلاية ، لأن أى تسرب من الملوثات مع ماء التغذية ـ مهما كانت قليلة ـ فقد تؤدى إلى مشاكل كبيرة داخل الغلاية .

وفي هذا الجزء سوف نوضح الطرق المختلفة لمعالجة المياة داخل الغلايات وذلك بالطرق الآتية :

١ ـ منع تكوين القشور (Prevention of Scales)
٢ ـ منع التآكل أو الصدأ داخل الغلاية (Prevention of Corrosion)
٣ ـ منع التآكل أوالصدأ في خطوط مواسير الراجع

١ـ منع تكوين القشور داخل الغلاية

يتم منع تكوين القشور داخل الغلاية إما عن طريق منع الترسيبات بإستخدام بعض الأملاح وضبط الأس الهيدورجينى أو عن طريق إضافة مواد كميائية إما أن تتفاعل مع الاملاح المسببة للقشرة مكونة مركبات معقدة ذائبة في الماء وتعرف بالمواد المخلبية ذات قاعدة عضوية (Chelant) أو أن تجعل أيونات هذه الاملاح المسببة للعسرة غير موثر ة على طريقة تكوين مركبات معقدة معها وتعرف بالمواد المخلبية ذات الأساس الغير عضوي (Sequesterant) .

٢ـ منع التآكل فى الغلايات

ـ وذلك عن طريق محاصرة الأكسجين (Scavenging Oxygen) .
ـ تكوين طبقات حماية علي جدار الغلاية .
ـ أن تكون المحاليل قلوية بالدرجة الكافية .

٣- منع التآكل فى خطوط الراجع

ـ معادلة ثاني اكسيد الكربون .
ـ تكوين طبقات عازلة .

طرق منع ترسيب الأملاح المسببة للعسر داخل الغلايات

١- بالترسيب

عملية ترسيب القشور داخل الغلايــة يمكن التغلب عليها إلى حد كبير بإستخدام الكربونات والفوسفات وذلك عن طريـــق ضـــبط جرعات المواد المستخدمـــة(الكربونات والفوسفات) التى تعمل على ترسيب المركبات الغير مرغوبة وذلك كالآتي :

أـ الترسيب بإستخدام الكربونات (Carbontate Cycle)

فى هذا النوع من المعالجة يتم التحكم والحفاظ على قلوية محلول الكربونات في الماء الذى يحتوى علي مستوى كافى من أيونات الكربونات أو بيكربونات . وفى هذه الحالة فإن الأملاح المسببة للعسرة الموجودة في ماء التغذية يتم ترسيبها على هيئة حمأة حيث أن الكالسيوم يتم ترسيبه على هيئة كربونات الكالسيوم والماغنسيوم علي هيئة هيدروكسيد الماغنسيوم أو سيلكات الماغنسيوم وذلك عند وجود السيلكا في الماء. ويمكن توضيح ذلك بالمعادلات الآتية :

(1) $Ca(HCO_3)_2 + Na_2CO_3 \text{ -------> } CaCO_3 + 2\,NaHCO_3$
(2) $2NaHCO_3 + Heat \text{ -------> } Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$.
(3) $CaSO_4 + Na_2CO_3 \text{ -------> } CaCO_3 + Na_2SO_4$
(4) $Mg\,SO_4 + 2NaOH \text{ -------> } Mg(OH)_2 + Na_2SO_4$
(5) $MgCl_2 + 2\,NaOH \text{ -------> } Mg(OH)_2 + 2NaCl$
(6) $Mg(HCO_3)_2 + 2NaOH \text{ -------> } Mg(OH)_2 + 2NaHCO_3$

عند وجود السيلكا يتم التفاعل :كالآتى :

$$MgSO_4 + SiO_2 + 2NaOH \longrightarrow MgSiO_3 + Na_2SO_4 + H_2O$$

إلا إن سيلكات الماغنسيوم لا توجد كذلك في حالة وجود تركيز عالى من الهيدروكسيد حيث تتفاعل مكونا هيدروكسيد الماغنسيوم الذى يترسب على هيئة حمأة كما فى المعادلة .

$$3Mg^{++} + 2(SiO)_2^{--} + 2(OH)^{--} + H_2O \longrightarrow 2MgSiO_3 + Mg(OH)_2 + H_2O$$

أما فى وجود تركيز عالى من السيلكا فى مـــاء الغلاية فإنه يمتــص مكونــة سربـتين (Serpentine) ($3MgO . 2SiO_2 . 2H_2O$) وهذا المركب سيكون حمأة ناعمة جدا وغير عالقة في الغلاية . وكربونات الماغنسيوم تذوب نسبيا في الماء ، لذلك ، نجد أن تكوين هيدروكسيد الماغنسيوم هو المطلوب حيث أنه أقل إذابة يسهل التخلص منه .

وتفضل طريقة الترسيب بالكربونات في ظل العوامل الثلاثة الآتية :

١ ـ الضغط الذى تعمل عنده الغلاية أقل من ١٤ جوى (أو ٢٠٠ رطل على البوصة المربعة)

٢ ـ إن العسر في ماء التغذية أكثر من ٧٠ جزء في المليون .

٣ ـ أن القلوية الكلية تساوى أكثر من العسر الكلى .

وفى هذا النظام فإن كلا من كربونات الصوديوم (Na_2CO_3) وهيدركسيد الصوديوم (NaOH) يجب أن يكونا متواجدين . وعند ضغط مرتفع فإن الكربونات تختفي نتيجة لتحويلها إلي الهيدروكسيد كما فى المعادلة :

$$NaCO_3 + H_2O \longrightarrow 2\,Na\,OH + CO_2$$

لذلك فإن نظام الكربونات غير مستحب عند الضغوط أعلي من ١٤ جوى (٢٠٠ رطل على البوصة المربعة) ، حيث أن ثانى أكسيد الكربون المتصاعد من تكسير الكربونات يمكن أن يسبب تآكل أو صدأ في خطوط مواسير الراجع . وهذا الاحتمال يمكن أن يتزايد لو أن الصودا أش (كربونات الصوديوم) (Na_2CO_3) تتخذ كقلوى بدلا من هيدروكسيد الصوديوم .

والعيب الرئيسي فى هذه المعالجة هي كمية الحمأة الكبيرة المتكونة وكذلك كمية ثانى أكسيد الكربون المتصاعد من التفاعلات . لذلك فإنه يلزم إضافة بلمر

أو منظم لتكوين الحمأة ليحافظ على الرواسب في حالة معلقة لسهولة إزالتها من خلال فتحة التصريف . وهذا سوف يمنع ، علي سبيل المثال ، كربونات الكالسيوم من الالتصاق علي الأسطح الساخنة وبالتالى تكوين القشور .

ب ـ الترسيب بإستخدام أملاح الفوسفات (Phosphate Cycle)

في هذه المعالجة ، فإن أملاح الكالسيوم تترسب علي هيئة فوسفات أما أملاح الماغنسيوم فإنها تترسب على هيئة هيدروكسيدات أو سيلكات في وجود أيونات الأخير ، وذلك كالمعادلات الآتية :

$$3Ca(HCO_3)_2 + 2Na_2PO_4 \dashrightarrow Ca_3(PO_4)_2 + 3Na_2CO_3 + 3CO_2 + 3H_2O$$
$$3CaSO_4 + 2Na_2PO_4 \dashrightarrow Ca_3(PO_4)_2 + 3Na_2SO_4$$
$$Na_2CO_3 + H_2O \dashrightarrow 2NaOH + CO_2$$
$$MgCl_2 + 2NaOH \dashrightarrow Mg(OH)_2 + 2NaCl$$

ويراعى أن فوسفات الماغنسيوم عبارة عن حمأة لزجة ، لذلك فإنه يجب منع تكوينها بالمحافظة على تركيز القلوى إلي الفوسفات فى الوسط المناسب .

ويستخدم أنواع مختلفة من الفوسفات ذات درجات مختلفة من القاعدية فى معالجة ماء الغلايات، حيث تشمل ثلاثى فوسفات الصوديوم (Tri Sdium Phosphate) ثنائى فوسفات الصوديوم (disodim Phosphate) وكذلك أحادى فوسفات الصوديوم (mono sodium phosphate) وهكسا ميتا فوسفات الصوديوم (Sodium hexa meta phosphate) وكذلك رباعى فوسفات الصوديوم (Tetra - Sodium phosphate) .

وتستخدم طريقة المعالجة بأملاح الفوسفات في الحالات الآتية :

١ ـ عندما يكون عسر ماء التغذية أقل من ٧٠ جزء في المليون .

٢ ـ الضغط أعلى من ١٤ جوى (٢٠٠ رطل على البوصة المربعة) .

وفي حالة أن يكون عسر الماء أعلي من ٧٠ جزء في المليون تكون هذه الطريقة غير آقتصادية ، حيث أن أعلي ضغط للمعالجة بالفوسفات هو ١٤ جوى (٢٠٠ رطل على البوصة المربعة) .

وعند الضغط الأعلى ، فإن العسر الكلى لمياه التغذية يجب أن لا يتجاوز ١٠ جزء في المليون ويستخدم أيضا منظم لترسيب الحمأة في المعالجة بالفوسفات للمحافظة على الرواسب عالقة .

٢ـ طرق إزالة العسرة بدون ترسيب (Non precipitating)

فى هذه الطرق ، يتم التخلص من الاملاح المسببة للعسرعن طريق التشابك معها وتكوين مركبات ذائبة في الماء بالمواد المتشابكة (Chelants) أو لجعل أيونات الاملاح المكونة للعسرة أقل فاعلية عن طريق التفاعل معها وتكوين مركبات ذائبة في الماء وتعرف بالمواد المخلبية (Sequesterant)وسوف نبين دور كل منها .

أ ـ المواد المخلبية (Chelants)

المواد المستخدمة كمواد مخلبية هى مواد عضوية مثل مادة أثيلين ثنائى الأمين رباعى حامض الخليك (EDAT)(Ethylrne Diamine Tetra acetic acid) أو مادة نيترو ثلاثى حامض الخليك (NTA) (Nitrilo tri acetic acid) لها القدرة على إحتواء الأملاح المكونة للعسرة وتكوين مركبات معقدة ذائبة في الماء وهذه المواد ثابتة عند الضغوط العالية .

ولكى تعمل هذه المواد جيدا ، فإن تركيز العسرة والضغط لماء الغلاية يجب أن لا يتجاوز ١/٢ ١ جزء في المليون والضغط (90 Bar)(١٣٠٠ر١ رطل علي البوصة المربعة) . ويلاحظ أن تكون الجرعة المضافة محسوبة جيدا وإلا تسببت فى صدأ الأجزاء الداخلية من الغلاية ، كما أن نقص الجرعة المناسبة يمكن أن ينتج عنها تكوين قشور . لذلك فإن تقدير الجرعة المناسبة يجب أن تكون محسوبة جيدا وتحت رقابة شديدة .

ومن مشاكل استخدام هذه المواد المخلبية هذه (chelant)أن الكمية التي يمكن أن توجد حرة داخل الغلاية فإنها ـ كما سبق ذكره تؤدى إلي التآكل للحديد. ولكى تقلل من هذه المشكلة ، فإنه يستخدم خليط من المادة المخلبية مع بلمر والتي ينتج عنها خفض كمية المادة المتشبكة التى يمكن أن توجد حرة . وهذا الخليط يقلل تماما فرص تآكل الحديد، وبالتالى فإن المادة المخلبية يمكن أن تستخدم مع الفوسفات لتمنع أي احتمال لتكوين صدأ مع أي كمية من المواد المخلبية توجد حره . والمواد المخلبية (Chelant) غالية ويجب أن تضاف بعناية وحرص شديد خاصة أن طرق تعيين تركيزها صعب للغاية .

المادة المخلبية الغير عضوية (Sequesterant)

هى مادة مخلبية ولكن غير عضوية تعمل على جعل أيونات الأملاح المسببة للعسرة غير مؤثرة عن طريق الاشتباك معها وتكوين مركبات معقدة ، تجعلها معلقة في الماء . وهذه الطريقة مناسبة في حالة تركيز عسر الماء حتى ١٠ جزء في المليون وضغط حتي ٤١ جوى Barg(٦٠٠ رطل على البوصة المربعة) . والمادة المخلبية (Sequesterant) مواد مؤثرة جدا ، حيث أن واحد جزء في المليون من هذه المادة يمكن أن بحجز ١٠٠ جزء في المليون، من المواد المكونة للقشور في المحلول ، وبالتالى تحقق أقصى فائدة وفى نفس الوقت أقتصادية . هذه المواد تستخدم بكثرة في عمليات صباغة الأقطان حيث تمنع هذه الايونات من الأرتباط بجزيء الصبغة وتسبب إنخفاضاً فى درجات الثبات .

ومن أمثلة هذه المواد بلمر الفوسفات :

(Polymer phosphates)، بولي أكريلات (Poly acrylates)، متعدد حامض الماليك (poly maliec acid).

الطرق الاخرى الإضافية لمعالجة تكوين القشور داخل الغلاية

هناك بعض الطرق الأخرى المستخدمة فى الحد من تكوين قشور داخل الغلاية وضبط القلوى والأملاح الزائدة، وكذلك التشقق الصوديومى والتطاير وذلك فيما يلي :

تهيئة الحمأة (Sludge conditioning)

هذا الاسم يرمز إلي المواد الكيميائية التي تمنع المواد الصلبة الموجودة في الغلاية لتكوين قشور فهى تعمل علي حفظ هذه المواد الصلبة على هيئة حبيبات دقيقة في حالة حركة مستمرة إلي حين التخلص منها في التفويرعن طريق تحوير في شكل المعلق وتطوير في البلورات والتحكم في نمو القشور .

وهذه المواد هى مادة التنين (Tannins)الطبيعية ، اللجنين (Lignins)والنشا . وهذه المواد قد استخدمت منذ فترة طويلة لتهيئة الحمأة .

وهناك بلمرات مختلفة من أنواع مختلفة ، وهى أكثر فاعلية تستخدم حاليا في هذا المجال. وهذه المواد قد استخدمت منذ فترة طويلة كمواد لتهيئة الحمأة. وهذه البلمرات تشمل البولى أكريلات (Poly acrylates)، البولي سلفونات

(poly sulphonates)، والفوسفات العضوية ، (Organic phosphates)وهذه الكيماويات تستخدم كإضافة للطرق السابقة لتحسين أدائها .

التحكم في القلوية (Alkalinity Control)

يعتبر كل من هيدروكسيد الصوديوم (NaOH)وكربونات الصوديوم المواد الأساسية المكونة للقلوية في الغلايات عند الضغط المنخفض . بعض أملاح الفوسفات تستخدم أيضا كقلوى للحفاظ على القلوية في الغلاية . والقلوية المضبوطة داخل الغلاية تعمل على ترسيب الأملاح المسببة للعسرة وكذلك تمنع الصدأ الناتج عن الاحماض . والأس الهيدروجينى المناسب لماء تغذية الغلاية من ٨ر٥ إلي ٩ر٢ إلا أنه في حالة وجود سخانات من النحاس فيفضل أن يكون الأس الهيدروجينى من ٩ر٢ إلي ٩ر٥ لتغذية الغلايات ذات الضغط المنخفض والمتوسط حوالى ١٥ جزء فى المليون ولا تستخدم الصودا الكاوية فى غلايات الضغوط العالية للأسباب الآتية :

أ ـ زيادة قلوية الهيدروكسيدات (Caustic Alkalinity)

ب ـ لا يمكن إستخدامها عند إستعمال مخفضات درجة الحرارة من النوع الرشاش في دوائر البخار حيث أن رش الماء المعالج بالصودا الكاوية داخل البخار المحمص لتخفيض درجة حرارته سوف يسبب ترسيبات قلوية داخل مواسير المحمص (super heater) وعلي ريش التربينات وتلف هذه الاجزاء من المحطة .

ويوصى في محطات الكهرباء البخارية ذات الضغط الأعلى من ٩٠٠ رطل بوصة مربعة بأن تكون تركيزات الحديد والنحاس والنيكل مجتمعة في حدود ٠١ر جزء فى المليون مقدرة فى مياه التغذية . ولكى يتحقق هذا الغرض فإن الرقم الهيدروجينى الـ (PH) لمياه التغذية يجب ألا يقل عن ٨ر٥ عند درجة حرارة ٢٥ °م بإستخدام القلويات المتطايرة .

التحكم فى مجموع الأملاح الذائبة (Total Dissolved Solids) (TDS)

التحكم في مجموع الأملاح الذائبة ذات دلالة هامة فى عمليات معالجة مياه تغذية الغلاية . والتحكم فى حدود الـ TDS يعتمد علي ضغط تشغيل الغلاية ولكن هناك عوامل يجب أن توضع في الاعتبار بإتباعها عند ضبط مستوى

الـــ TDSوهي

١ ـ خفض الـ TDS يمكن أن تقلل التفوير (blow down) وبالتالي الحفاظ على الطاقة .

٢ ـ الزيادة من المواد الصلبة الذائبة تزيد من حدة تكوين القشور .

٣ ـــ زيادة معـادلات الـــ TDSتنشط الصدأ نتيجة التوصيل الكهربى (conductivity) للماء .

٤ ـ الأملاح الذائبة يمكن أن تساهم أيضا في مشاكل الـ (Priming) الرغوة (Foaming).

منع تشقق الصودا (Prevention of Caustic Cracking)

للمحافظة على منع تشقق الصودا (Caustic Cracking) يجب اتخاذ اللازم نحو إتباع المقاييس الآتية :

١ ـ الحفاظ علي نسبة كبريتات الصوديوم إلى الصودا ٢ ١/٢ : ١ .

٢ ـ الحفاظ على نيترات الصوديوم إلى مجموعة القلوية (معبرة هيدروكسيد الصوديوم) بنسبة ٤ر : ١

٣ ـ المحافظة على وجود كمية كافية من المواد العضوية الطبيعية (التنين (tannins .

٤ ـ المحافظة على القلوية في الغلاية بمعالجة الفوسفات المتطابقة وبالتالى منع إستخدام هيدروكسيد الصوديوم .

طرق التخلص من غاز الأكسجين فى مياه الغلايات

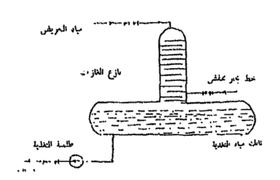
عملية إزالة الأكسجين الذائب في مباه تغذية الغلايات عملية هامة لمنع الصدأ داخل الغلايات وكذلك منع التشققات الناجمة عن الصودا أو الهيدروجين (Caustic or Hydrogen Cracking) ويتم ذلك ، إما حراريا أو كميائيا .

١ ـ التخلص من غاز الاكسجين حراريا

يتم نزع غاز الأكسجين حراريا بإستخدام (الدياريتور) أو نازع الهواء (Dearator) وذلك بواسطة الحركة العكسية للماء القادم من أعلى إلي

أسفل والبخار الصاعد من أسفل إلى أعلى من خلال فوهات صغيرة تسمى فوانى (nozzles). ويؤدى مرور البخار خلال المياه بهذه الطريقة إلى كسر التوازن الديناميكي لمعدلات ذوبان الغازات فى الماء وخروج الغازات من الماء . وتؤدى زيادة سطح الماء الناتجة عن سقوطه من خلال الفوانى أو علي عوارض خشبية أو بلاستيكية أو مصنعة من راتنجات أو سبائك خاصة إلي زيادة معدلات إنفصال الغازات من الماء .

ويوضح شكل (٣٠) رسما مبسطا لنازع الغازات في محطة كهرباء بخارية.



شكل رقم (٣٠) نازع الغازات (الدياريتور)

وفي معظم الحالات فإن قدرة نازع الغازات (الدياريتور) على التخلص من الأكسجين الذائب تتروواح فيما بين ٩٩٪ إلي ٩٩٫٩٤٪ من كمية الأكسجين الكلية فى مياة التعويض (Make up water). وعلى هذا الأساس فإن كمية الأكسجين المتبقي بعد التخلص الحرارى من الأكسجين بواسطة نازع الغـــازات (الدياريتور) قد تصل فى أحسن الفروض وأكفأها لتزع غاز الأكسجين لكميات ضيئلة جدا من هذا الغاز .
ولكن بالرغم من ذلك فإن هذا التركيز المحدود جدا من غاز الأكسجين قد يكون كافيا فى معظم الأحوال لإحداث تآكل خطير في دوائر المياه والبخار فى المحطات البخارية . وقد وجد أن تركيز الأكسجين المتبقى بعد نازع الغازات (الدياريتور) يجب ألا يتجاوز ٠٠٧ر٠ جزء فى المليون بعد المعالجة الحرارية .

٢ـ نزع الأكسجين كيميائيا (Chemical removal of oxygen)

يتم التخلص كيميائيا من الاكسجين الزائد بعد المعالجة الحرارية بواسطة نازع الغازات (الدياريتور) بإضافة كبريتيت الصوديوم (Sodium Sulphit)في خطوط التغذية لغلايات الضغوط المنخفضة أو مادة الهيدرازين (Hydrazine)في خطوط التغذية لغلايات الضغوط العالية (علما بأن هذه المادة قد منعت من الاستخدام) أو التانيين (Tannins).

(أ) إستخدام كبريتيت الصوديوم (Sodium sulphite treatment)

يعتبر كبريتيت الصوديوم من أكثر المواد الكميائية فعالية في التخلص الكيميائى من الاكسجين الذائب في خطوط التغذية لغلايات الضغوط المنخفضة والمتوسطة . وفى بعض المحطات البخارية قد يستخدم كبريتيت الصوديوم مباشرة في الغلاية على أن يحافظ دائما على نسبة زائدة من كبريتت الصوديوم فى درام الغلاية . فعند ضغط ٦٥ كجم / سم٣ (حوالى ١٠٠٠ رطل / بوصة مربعة) يجب عدم زيادة نسبة كبريتيت الصوديوم الزائد عن ١٣ جزءا في المليون مقدرة على أساس(SO_3^{--}) غير أن هذه الكمية قد لا تكون كافية للتأكد من خلو مياه الغلاية من الأكسجين في حالات تسرب الهواء أوالاكسجين إلي داخل مياه الغلاية مع مياه التغذية نتيجة لتلوث متكاثف التربينات البخارية أو متكاثف مسخن المياه المالحة في محطات التحلية . فى هذه الحالة يجب إتخاذ علاج سريع يرفع نسبة كبريتيت الصوديوم وزيادة معدلات حقنها .

ويتم التفاعل بين كبريتيت الصوديوم والاكسجين الذائب فى مياه التغذية أو مياه الغلاية طبقا للمعادلة التالية

$$2Na_2SO_3 + O_2 = 2Na_2SO_4$$

ويعتمد أساسا مكان حقن كبريتيت الصوديوم في دائرة المياه بمحطات الكهرباء البخارية على ضغط الغلايات . فيمكن أن تضاف لمياه التغذية أو متكاثف التربينات البخارية أو مياه التعويض فى غلايات الضغط المنخفض . ويقتصر إستعمالها فى غلايات الضغط العالى إن وجد على درام الغلاية .

وفي حالة إستخدام رشاش حرارى مائى للتحكم في حرارة البخار المحمص فإنه يجب عدم إستعمال كبريتيت الصوديم إطلاقا عند نقطة زيادة درجات الحرارة لمياة

الرشاش حيث إنه من مساوىء كبريتيت الصوديوم أنه قد يتحلل في المياه الساخنة بما فيها بالطبع مياه الغلايات وقد يتكون نتيجة لهذا التحلل غاز ثالث أكسيد الكبريت (Sulphur trioxide) الذى تزداد خطورته عند درجات الحرارة فوق ٣٢٧° م (٦٢٢° ف) نظرا لتكوينه لحامض الكبريتك عند أماكن التكثيف مما يسبب تآكل هذه الأجزاء من المحطة .

ويلاحظ أن إستخدام كبريتيت الصوديوم في مياه التغذية أو مياه الغلايات قد يؤدى إلي زيادة كمية الاملاح الكلية الذائبة فى هذه المياه .

(ب) إستخدام الهيدرازين (Hydrazine treatment)

استعمل الهيدرازين لأول مرة عام ١٩٥٠ لنزع الأكسجين الزائد في الماء بعد الدياريتور . والهيدرازين عامل مختزل قوى . وهو يتفاعل مع الاكسجين الذائب في مياه التغذية حيث ينتج من التفاعل غاز النيتروجين الخامل الذى يسحب من دائرة المياه بواسطة أجيكتور مكثف التربينة البخارية .

$$N_2H_4 + O_2 = 2\,H_2O + N_2$$

ويتضح من هذه المعادلة أن الهيدرازين قادر على إزالة الأكسجين الذائب في مياه التغذية بدون زيادة كمية المواد الصلبة الذائبة في هذه المياه بعكس كبريتيت الصوديوم الذى يزيد من نسبة الاملاح الذائبة في مياه التغذية ومياه الغلايات .

ويتحلل الهيدرازين الزائد عن حاجة التفاعل الموضح بالمعادلة رقم (١) تحللا حراريا في مياه الغلايات وينتج غاز الامونيا (Ammonia)ويحدث هذا التحلل الحرارى عادة عند ردجة حرارة ٤٠٠ °م .

$$3N_2H_4 \xrightarrow{\text{بالتسخين}} 4NH_3 + N_2$$

والأمونيا الناتجة من التحلل الحرارى (Thermal decompsition) للهيدرازين تتصاعد وتخرج من الغلاية مع البخار المنتج إلي المكثف حيث تذوب فى مياه المتكاثف . وهذا يساعد على حفظ الرقم الهيروجينى الـ (pH) لمياه تغذية الغلايات ومتكاثف التربينات البخارية دائما في المجال القاعدى ويحافظ على معادلات القلوية الكلية لهذه المياه في حدود مواصفات التشغيل السليم مايؤدى إلي سلامة خطوط البخار والمتكاثف وخطوط مياه التغذية من التآكل .

ويتوقف التفاعل بين الهيدرازين والأوكسجين الذائب في الماء علي عدة عوامل هي الزمن المتاح للتفاعل ودرجة الحرارة . وعادة يحقن محلول هيدرات الهيدرازين بعد نازع الغازات (الدياريتور) فى خط مياه التغذية قبل سحب طلمبات التغذية للغلايات بجرعة تعادل ضعف كمية الأكسجين الذائب فى مياه التغذية بعد نازع الغازات مضافا إليها كمية زائدة من الهيدرازين وكافية لرفع الرقم الهيدروجينى لمياه التغذية في الحدود من ٨ إلي ٩ .

المميزات الأساسية للهيدرازين

١ ـ ينتج من تفاعل الأكسجين الذائب في الماء مع الهيدرازين وأيضا نتيجة لتحلل أو تفكك الهيدرازين حراريا مواد متطايرة تميل لتكوين محاليل قلوية فى الماء ويتضح من ذلك أن هذه النواتج لا ترفع من قيمة تركيز المواد الصلبة الكلية الذائبة فى الماء . وأيضا نظرا لقلوية المحاليل الناتجة عن ذوبان هذه المواد المتطايرة في الماء فإنها تحافظ على خطوط المواسير من التآكل وتقلل كثيراً من معدلات التآكل عند نقطة تكثيف البخار .

٢ ـ لا تحتاج المياه المكثفة المستخدمة في التغذية بعد ذلك إلي معالجة إضافية. ولقد وجد من الخبرة العملية أن المتكاثف يكون عادة فى حالة توازن عند الرقم الهيدروجيني الـ (PH) الذى يترواح قيما بين ٨ر٥ إلى ٩ر٥ ويمكن تحقيق ذلك بأن تحتوى مياه التغذية على كمية زائدة من الهيدرازين قبل دخولها إلي الموفر (economizer).

ويتم حقن محلول هيدرات الهيدرازين عادة بمعدل يساوى ضعف كمية الاكسجين الذائبة والمتبقية فى الماء بعد المعالجة الحرارية فى الدياريتور بالاضافة إلى كمية إضافية من الهيدرازين لرفع قلوية البخار والمتكاثف ومياه التغذية تعادل ١ر٠ جزء في المليون، فعلى سبيل المثال ... إذا كان الاكسجين الذائب فى مياه التغذية بعد الدياريتور ٠٧ر٠ جزء فى المليون فإن جرعة الهيدرازين. اللازم حقنها فى مياه التغذية يجب أن تكون ١٤ر٠ جزء فى المليون هيدرازين. ويمكن حساب كمية الهيدرازين اللازم إستعمالها يوميا بحاصل ضرب جرعة الهيدرازين المحسوبة كما سبق أن وضحنا وكمية مياه التغذية التى تدخل إلي الغلاية يوميا .

غير أن جرعة الهيدرازين يمكن أن تزداد أو تنقص عن الرقم ١١٤ر جزء في المليون طبقا لإختلاف تركيز الأكسجين في مياه التغذية وإرتفاع أو إنخفاض الرقم الهيدروجيني الـ (pH) لهذه المياه وزيادة أو انخفاض تركيز الأمونيا الناتجة عن تحلل الهيدرازين الزائد حراريا عند دخول مياه التغذية إلى الموفر (economizer)وعادة يقاس تركيز الأمونيا في مياه التغذية ، ويفضل أن يقاس فى مياه متكاثف التربينات . ويجب ألا يزيد تركيز الامونيا في متكاثف التربينة البخارية بأي حال من الاحوال عن جزء واحد في المليون (أمونيا) لأن زيادة الامونيا تسبب تآكل سبائك (النحاس / والنيكل) المصنوع منها مواسير المكثف بصفة عامة .

وعلي هذا فإن التحكم فى كميه الهيدرازين اللازم حقنها في مياه التغذية يتم بالتحكم في كمية الأمونيا الذائبة في مياه متكاثف التربينة البخارية .

٣ ـ التانين العضوى (Organic Tannins)

يستخدم التانين العضوي في التخلص من الأكسجين بجانب أنه مهيىء للحمأة المتكونة في المبخر ومنع ترسيبها. وعلي سبيل المثال، فإن حامض التانيك (pyrogallic acid) يعمل كمزيل للأكسجين فى الماء القلوي .

وأملاح التانيين سهلة الاستعمال والاختبار. فيمكن تقدير فائض التانييك (tannic) بملاحظة لون ماء الغلاية، وحيث أنه عضوي فلا يؤثر على مجموع الأملاح الذائبة TDS.

وفيما يلى جدول (٧) مبين فيه مواصفات الماء فى الغلايات عند الضغوط المختلفة.

جدول (٧)

البخار الخارج من الغلاية		مجموع المواد الصلبة p.p.m	القلوية الكلية p.p.m	المواد الصلبة العالقة p.p.m
رطل/البوصة المربعة	بـــار			
صفر - ٣٠٠	٥ - ٢٠	٣٠٠٠	٧٠٠	٣٠٠
٣٠١ - ٤٥٠	٢١ - ٣٠	٣٠٠٠	٦٠٠	٢٥٠
٤٥١ - ٦٠٠	٣١ - ٤٠	٢٥٠٠	٥٠٠	١٥٠
٦٠١ - ٧٥٠	٤١ - ٥٠	٢٠٠٠	٤٠٠	١٠٠
٧٥١ - ٩٠٠	٥١ - ٦٠	١٥٠٠	٣٠٠	٦٠
٩٠١ - ١٠٠٠	٦١ - ٨٠	١٢٥٠	٢٥٠	٤٠
١٠٠١ - ١٥٠٠	٨١ - ١٠٠	١٠٠٠	٢٠٠	٢٠
١٥٠١ - ٢٠٠٠	١٠١ - ١٣٣	٧٥٠	١٥٠	١٠
٢٠٠١ إلى أعلى	١٣٤ إلى أعلى	٥٠٠	١٠٠	٥

وجدول (٨) يبين أختبار نظام التحكم فى العسر على أساس عسر ماء التغذية وضغط الغلاية لكل وحدة حسب ظروف العسر والضغط وهناك الأختيارات المتنوعة.

جدول (٨)

Feedwater Hardness, ppm	*< 50*	*150 - 300*	*300 - 600*	*600 - 900*	*900 - 1.200*
Always under 1.5	Sequestrant	Sequestrant	Sequestrant	Coordinated phosphate/pH	Coordinated chelan/pH
	Chelant / phosphate	Chelant / phosphate	Chelant / phosphate	Chelant / phosphate	Chelant / phosphate
1.5 - 10	Sequestrant phosphate	Sequestrant phosphate	Sequestrant phosphate	Requires sofening to < 1.5 ppm	Requires deionizing
10 - 30	Carbonate phosphate	Requires sofening to < 10 ppm	Requires sofening to < 1.5 ppm	Requires sofening to < 1.5 ppm	Requires deionizing
30 - 100	Carbonate	Requires sofening to < 10 ppm	Requires sofening to < 1.5 ppm	Requires sofening to < 1.5 ppm	Requires deionizing
Over 100	Should soften carbonate	Requires sofening to < 10 ppm	Requires sofening to < 1.5 ppm	Requires sofening to < 1.5 ppm	Requires deionizing

الفصل الثالث

تلوث البخار فى المحطات البخارية

(Steam Contamination)

يجب أن يعطى لتلوث البخار أهمية خاصة لما يسببه هذا التلوث من أخطار جسيمة على معدات محطة الكهرباء البخارية وأيضا على مواسير محطات التحلية إلى جانب عدم إمكانية إستخدام المتكاثف الناتج عن تكثيف البخار الملوث .

وللحصول علي بخار علي درجة عالية من النقاوة فإنه يجب أولا منع تلوث البخار كلية من قطرات الماء التي قد تتصاعد إلى سطح التبخير (riming) وتحمل مع البخار من سطح التبخير نتيجة لإهتزاز الأحمال الكهربائية هزات فجائية .

ويؤدى فوران الماء وتكوين الرغاوى (Foams)فى المبخرات والغلايات إلي تلوث البخار ، حيث يسبب الفوران والرغاوى تكوين فقاعات مائية على هيئة غشاء رقيق مستدير من المياة مملوء بالداخل بالأبخرة وجزيئات الأملاح العالقة . وعند سطح التبخير تتفجر هذه الفقاعات طاردة الأملاح الموجودة بداخلها لتتصاعد محمولة مع البخار مما يسبب تلوثه .

حمل الأملاح مع البخار (Carry - Over)

يعرف حمل الاملاح مع البخار على أنه تلوث البخار بالاملاح من مياه المبخرات أو الغلايات وفى بعض التعريفات الأخرى يشمل هذا التعريف جميع شوائب البخار إلي جانب المواد التي قد تذوب فى البخار عند درجات الحرارة العالية مثل أملاح السيليكون (السيلكا) .

وتختلف درجة التلوث الناتجة عن حمل الاملاح مع البخار تبعا لإختلاف المياه المحمولة مع البخار كماً ونوعا . وكانت تحدث هذه الظاهرة عادة في غلايات القاطرات البخارية (Locomotive Boilers)ولا تحدث عادة في الغلايات المستخدمة في الاغراض الصناعية . وإذا حدثت هذه الظاهرة فى غلايات الضغط

العالى فإن ذلك بسبب أخطارا جسيمة على محمص البخار والتوربينات البخارية .

العوامل التى تؤثر على تلوث البخار

١ ـ المواد الصلبة الذائبة في مياه الغلايات .

٢ ـ التصنيف الكميائى للمواد الصلبة الذائبة في مياه الغلايات .

٣ ـ المواد الصلبة المعلقة في مياه الغلايات .

٤ ـ ظروف تشغيل الغلايات .

٥ ـ تصميم الغلايات

١ ـ المواد الصلبة الذائبة في مياه الغلايات

للمواد الصلبة الذائبة في مياه الغلايات أهميه خاصة بسبب تأثيرها في نوعية الأملاح المحمولة مع البخار . ولهذا فإنه يوضع لكل تصميم معين لغلاية معينة شروط تشغيل خاصة بها وكمية قصوى للأملاح الذائبة فيها يجب ألا يسمح إطلاقا بتعديها وإلا نتج عنه تلوث للبخار .

ويمكن المحافظة على كمية المواد الصلبة الذائبة أقل دائما من الكمية القصوى المحددة للغلاية وذلك بالتحكم في صمام التفوير المستمر من الغلاية . على أنه يجب أن يلاحظ أن فقدان جزء من مياه الغلاية عن طريق التفوير المستمر يتسبب فى فقدان كمية من الطاقة الحرارية وكيماويات المعالجة . ولهذا فإنه يجب تفادى زيادة نسبة التفوير بدون أن يكون هناك داع لذلك .

وعادة تستخدم فى الغلايات والمبخرات مواد مانعة لفوران المياه وتكوين الرغاوى (Antifoam) وباستعمال هذه المواد يمكن السماح بزيادة تركيز الأملاح فى مياه الغلاية إلى الحدود المسموح بها مع تفادى تلوث البخار والحد من كمية التفوير المستمر مما يقلل من الفقد في الحرارة والمواد الكميائية . وتسمح هذه المواد بتحسين نوعية البخار المولد . وتستعمل هذه المواد على نطاق واسع في معالجة مياه البحر بطرق التقطير حيث تحقن جرعات من مانعات الرغارى (Antifoam) في مياه تغذية المبخرات للحصول على جودة عالية للمياه المقطرة وذلك لأن هذه المواد

تمنع حمل الاملاح مع البخار .

ومن بين المواد التي لها تأثير مانع للفوران والرغاوى بعض الأحماض العضوية وزيت الخروع (Castor Oil) الذى يدخل في تركيب المركبات المستخدمة في منع الفوران . ومن خلال إختبار بعض المواد لمعرفة خواصها المانعة للفوران وجد أن أكثر المركبات فعالية هى تلك التي تحتوي على سلسلة طويلة من الاميدات (Amides) والجليكولات (Glycols). وهذه الجزيئات الكبيرة غير قابلة للذوبان فى الماء وهى تمتص سطح طبقة الغشاء المائى المحيط بالفقاعات المائية للرغاوى وتعمل على سحب الماءمن جدران الفقاعات مما يمنع إنفجارها عند وصولها لسطح التبخير .

وهناك تعليل آخر لكيفية منع الرغاوى والفوران وهو أن هذه المواد تساعد على تقليل التوتر السطحى للمياه مما يؤدى أساسا إلي عدم تكون فقاعات المياه .

وفى الحالات التي يصعب فيها التحكم في فوران الماء لأن الاملاح المسئولة عن هذه الظاهرة يزداد تركيزها بمعدل أكبر من المعدل الذى يمكن بواسطته معالجتها بإستعمال المواد المانعة للفوران وفى هذه الحالة فإنه يجب تخفيض تركيز الأملاح الذائبة بزيادة كمية التفوير المستمر (Blow Down)

٢ ـ التصنيف الكيميائى للمواد الصلبة الذائبة في مياه الغلايات

للتصنيف الكيميائى للمواد الصلبة الذائبة في مياه الغلايات تأثير كبير على الأملاح مع البخار (Carry - Over) ولكن النتائج المعملية المدونة تشير إلي عكس ذلك . فبينما تعمل الصودا الكاوية وكربونات الصوديوم على زيادة حمل الاملاح مع البخار إذا قورنت بالاملاح المتعادلة عند نفس التركيز إلا أنه لا يمكن تعميم ذلك . وحيث أن مياه الغلايات تحتوى على نفس النسب تقريبا من القلويات والاملاح المتعادلة فإن التحكم في حمل الاملاح مع البخار يمكن أن يتم بالتحكم في تركيزات المواد الصلبة الكلية الذائبة في مياه الغلاية بما فيها القلويات والأملاح المتعادلة .

ولقد كان يعتقد فى وقت سابق أن وجود الصودا الكاوية في القطرات المائية المحمولة مع البخار يمثل شرطا أساسيا من شروط تكوين الرواسب . حيث يتم

تجفيف هذه القطرات المائية عند مرور البخار خلال مواسير المحمص تاركه وراءها أملاحاً صلبه. وكان يعتقد أنه في حاله عدم وجود الصودا الكاوية فإن هذه الاملاح الصلبة ليست لديها القدرة على الالتصاق بهذه الاسطح وتزيد من قدرة الاملاح الاخرى على الترسيب علي طبقات الاملاح والرواسب السابق تكونها .

وزيادة تركيز الصودا الكاوية في مياه الغلاية تؤدي إلي ذوبان أملاح السيلكون وتصاعدها مع البخار وترسيبها على ريش التربينات .

ومن الناحية العملية فإنه يجب رفع الرقم الهيدروجينى للغلاية مع التحكم في قلوية مياه الغلاية بحيث لا توجد قلوية حرة للهيدروكسيدات .

٣ ـ المواد الصلبة المعلقة في مياه الغلايات

يقصد بالمواد الصلبة العالقة بأنها تلك المواد التى يمنع ترسيبها بإضافة ثالث فوسفات الصوديوم . فالمواد المعلقة في مياه الغلاية تزيد من حمل الاملاح مع البخار ولكن هناك قصور كبير في المعلومات المعروفة عن تأثير المواد العالقة .

وينحصر تأثير المواد العالقة حاليا فى أنها تزيد من الفوران وتعمل علي تثبيت الرغاوى ويعتمد ذلك على الخواص الكميائية للمواد المعلقة وحجم جزيئاتها ومساحة سطحها .

ولقد لوحظ بإستمرار أن العوالق المتكونة حديثا تعمل على زيادة الفوران أكثر من العوالق القديمة وبظهور هذه القرينة التى توضح التأثير الكمى للمواد المعلقة على عملية الفوران فقد حدث إختلاف في الرأي فيما بين الحقيقة الاولي والملاحظات والقرائن العملية أدي الى نشأة أبحاث كثيرة لأخذ تأثير المواد الصلبة المعلقة فى الإعتبار ودراسة ما يترتب على هذا التأثير تمهيدا لوضع حدود قصوى للمواد الصلبة العالقة فى مياة الغلايات . رعموما فإنه يمكن التحكم في تركيزها بالتحكم في فتحة صمام التفوير المستمر للغلاية .

٤ ـ ظروف تشغيل الغلايات

تؤدى التغيرات التى تحدث أثناء تشغيل الغلاية إلي حمل الأملاح مع البخار بالرغم من تحفظ نسب وتركيزات هذه الاملاح أقل من المواصفات في مياه الغلاية .

فمثلا عند زيادة كمية البخار المنتج زيادة مفاجئة نتيجة للتغير السريع والمفاجىء فى الاحمال الكهربائية (وخاصة الاحمال الاعلي) يمكن أن تؤدى إلى ظاهرة تعرف بظاهرة التخمة (Swellling)حيث تصبح المياه في درام الغلاية مملوءة بفقاعات صغيرة من البخار ممايؤدى إلي رفع منسوب المياه بالدرام وبالتالي دفع بعض محتويات مياه الغلاية للإختلاط بالبخار . ويحدث نتيجة لهذا التلوث الضخم للبخار كمية كبيرة من الترسبات فى مواسير المحمص .

وعلي العكس من ذلك ما يحدث عندخفض كمية البخار المنتج خفضا فجائيا نتيجة لإنخفاض الاحمال الكهربائية إنخفاضاً مفاجئا . فإن ذلك يؤدى إلي انخفاض منسوب المياه في درام الغلاية وبالتالى زيادة حمل الاملاح مع البخار (Carry- Over)عن معدله الطبيعى عند منسوب الدرام الثابت طبقا لتعليمات التشغيل وبالتالى فإنه أيضا يؤدى إلي تلوث البخار .

٥- تصميم الغلايات

من الطبيعي أن يكون لتصميم الغلاية تأثير ملحوظ علي كمية الاملاح المحمولة مع البخار . ويمكن إعطاء أمثلة كثيرة على ذلك . فمثلا أماكن العوارض (Baffes)في درام البخار ودرام المياه لها أهميه كبيرة . وقد ثبت من الخبرة العملية أنه يجب تثبيت هذه العوارض بدقة لمنع تهريب المياه إلي اجزاء في الدرام يسمح بإختلاطها مع البخار .

وفى نقس الوقت فإن تصميم الغلاية قد يتضمن وضع بعض المعدات التي تعمل على الاقلال والحد من تلوث البخار مثل حلزونات البخار وفواصل المياه ومعدات إزالة قطيرات الماء من البخار مثل معدات غسل البخار.

معالجة خطوط الراجع (Treatment for Condensate lines)

بعيدا عن الصدأ الذى يسببه الأكسجين ، فإن الصدأ الذي يسببه ثانى أكسيد الكربون يسبب مشاكل لخطوط تكثيف البخار . فثانى أكسيد الكربون يمكن أن يتكون من تفكك قلويات الكربونات أو بيكربونات عند درجات الحرارة العالية ، أو المركبات العضوية أو عند إستخدام الصودا أش ($Na_2\ CO_3$).

وثانى أكسيد الكربون الذائب في شكل حامض كربونيك (Carbonic

(Acidic Corrosion) (تآكل حامضى) يسبب صدأ حامضى (acid
ويمكن مقاومته عن طريق خفض الأس الهيدروجينى بالمعادلة بالامينات أو تكوين سطح غير قابل للبلل علي أسطح المعادن لمنع تلامس هذه الاسطح مع الماء المكثف الحامضى . وهذا سوف يتم شرحه فى الطرق الآتية :

١ - إستخدام الامينات المعادلة (Neutraizing Amines)

لكى تقاوم التآكل أو الصدأ الناتج عن ثانى أكسيد الكربون تستخدم الامينات القابلة للتطاير لمعادلة حامضية الماء . ومن أمثلة هذه المواد المورفين (morphine)سيكلوهكسيل أمين (Cyclo hexylamine)، داى ميثيل أمينو إيثانول (di methyl amino ethanol)وكذلك مادة (amino 2 - methy propanol) AMPC وهذه المواد تستخدم للمحافظة على الاس الهيدروجينى للماء المتكاثف فى المجال ٧٫٨ الي ٨٫٥ .

وكل هذه الامينات متطايرة حيث تخرج مع البخار لتتكاثف وتذوب مع الماء (الراجع المتكثف).وحيث أن هذه قلوية ، فإنها تعادل حامض الكربونيك الموجود في الماء .

ويمكن تقدير الجرعة اللازمة من حساب كمية ثاني أكسيد الكربون المتولدة نتيجة تحلل الكربونات وذلك للحفاظ على درجة الأس الهيدروجينى المناسب لتجنب الصدأ أو التآكل .

الامينات المكونة لطبقة حماية لمواسير الراجع
(Filming Amines)

هذه الامينات ، عندما يتم تغذيتها مع مياه تغذية الغلاية تتطاير مع البخار وتتكثف لتكوينه طبقة أحادية الجزىء (mono molecular Film) على خطوط مواسير الراجع وبالتالى ، تعمل على حماية هذه المواسير من تأثير الأكسجين وثانى أكسيد الكربون المكون للصدأ . ويستخدم من ١ إلي ٣ جزء في المليون من الامينات النظيفة ، ولا تعتمد على تركيز الأكسجين أو ثانى أكسيد الكربون .

ويستخدم حاليا خليط من المركبات لتقوم بمعالجة كاملة لمياه التغذية داخل

الغلاية . وفى الواقع أن كل مادة كيميائية تؤدى عملها وفى نفس الوقت تساعد فى أداء دور آخر مع المجموعة ، والنتيجة أداء افضل كثيراً .

التحكم الاوتوماتيكى فى مواصفات مياه التغذية ومياه الغلايات

أسهمت التكنولوجيا الحديثة بقدر كبير من المعلومات التي ترتب على معرفتها الإسهام في بناء أجهزة عديدة للتحكم الأوتوماتيكى فى مواصفات مياه التغذية ومياه الغلايات للحصول على تشغيل سليم وآمن بصفة مستمرة .

ويعتبر التوصيل الكهربائى (Electrical Conductance) (وهو مقلوب المقاومة) وسيلة سريعة للكشف عن الاملاح فى عينات المياه المختلفة . أما التوصيل النوعى (Specific Conductance) لعينة المياه فهو مقياس لقابلية هذه المياه لتوصيل التيار الكهربائى وهو يرتبط بالمواد الكميائية الموجودة في حالة تأين . ويمكن بواسطة جهاز واحد من أجهزة قياس التوصيل الكهربائى قياس وتسجيل التوصيل الكهربائى من حوالى ٢٠ نقطة في دوائر المياه بالمحطة ويمكن أيضا إستخدام إشارات من جهاز قياس التوصيل الكهربائى فى تشغيل أنظمة إنذار أخرى أو تشغيل بعض المعدات فى دوائر المياه كطلمبات حقن الكيماويات فى الغلاية أو فتح صمامات التفوير المستمر من الغلاية البخارية .

ويمكن أيضا زيادة حساسية الجهاز وقياسات التوصيل الكهربائى وذلك بإمرار عينه المياه خلال مبادل كاتيونى حامضى التنشيط(هيدروجينى) يوضع قبل جهاز التوصيل الكهربائى . وتعمل أيونات راتنج المبادل الأيونى على إزالة الامونيا والمركبات الذائبة المتطايرة أو المتأينة.وتحويل جميع الأملاح الموجودة في الماء إلي الاحماض المقابلة لها. فمثلا تتحول الكلوريدات إلي حامض الهيدروكلوريك والكبريتات إلي حامض الكبريتيك ....ألخ . ومن المعروف أن التوصيل الكهربائى للمحاليل الحامضية أكبر بكثير من التوصيل الكهربائى لأملاح هذه الاحماض .

وتحدد العلاقة بين قراءات التوصيل الكهربائى (بالميكروموه) وتركيز المواد الصلبة المقابلة لها والذائبة فى الماء لكل وحدة على حدة بالتجربة المعملية ، ويرسم

منحني بيانى يوضح هذه العلاقة .

ومع ذلك يمكن القول بالتقريب أن كل ١٠٠٠ جزء فى المليون من المواد الصلبة الذائبة تكافئ توصيلا كهربائيا مقداره ٧ ميكرومو (بعد الامرار علي مبادل كاتيونى) .

وفي حالات الغلايات التي تعمل بضغوط أعلى من ٦٥ كجم / سم٢ (حوالى ٩٥٥ رطل / بوصة مربعة) فإن التوصيل الكهربائى بعد إستخدام مبادل كاتيونى بالنسبة لمياه المتكاثف يكون عادة فى الحدود ما بين ٢ر٠ إلى ٥ر٠ ميكرومو . وتوضح القراءات الأعلى من ذلك وجود تهريب من المكثف أو وجود مواد دخيلة من أى مصدر آخر . والحل الحاسم لذلك يتطلب البحث عن مصدر هذا التهريب أو التلوث ووضع علاج سريع له .

ويقاس الأكسجين الذائب في الماء بعد طرد طلمبة المتكاثف أوتوماتيكيا وعند خروج المياه بعد نازع الغازات (الدياريتور) بجهاز كامبردج للتحليل الكهروكيميائى للأكسجين (Cambridge Electrochemical Oxygen Analyzer) وتبنى نظرية عمل هذا الجهاز على نظرية انتقال الغازات حيث يتم نزع الاكسجين الذائب في تيار من المياه المراد قياس نسبة الأكسجين فيها عند مرور هذه المياه خلال الجهاز . ويتم نزع الأكسجين بتيار آخر من غاز الهيدروجين ثم يمرر غاز الهيدروجين المحمل بغاز الأكسجين الذي تم نزعه من عينة المياه . ولا يؤثر في قراءات هذا الجهاز وجود المواد المتطايرة مثل الأمونيا والهيدرازين أو وجود بعض الشوائب غير المتطايرة مثل النحاس والحديـــد .

وفي الغلايات التي تعمل بضغوط أقل من ١٢٠ كجم / سم٢ (١٨٠٠ رطل / بوصة مربعة) يتم حقن كبريتيت الصوديوم فى درام الغلاية للتخلص من الأكسجين بالأضافة إلي المعالجة بإضافة فوسفات الصوديوم والصودا الكاوية وفى حالة المعالجة بإضافة الفوسفات فقـــط .

بعض المواد المخلبية التى تستعمل فى معالجة الماء وفى حمامات الصباغة انتاج شركات الصباغات والمواد المساعدة

١- شركة دكتور بومى - ألمانيا (Dr, Th. Bohme)

مادة دلينول V.B (DELINOL V.B)

مادة مخلبية وناشرة تمنع الترسيب أثناءالغليان والتبيض وصباغة القطن الخام. وهى مادة أنيونية (ANIONIC)

مادة دلينول ٩٠٢٨ (DELINOL 9028)

مادة مخلبية تمنع ترسيب المعادن الثقيلة والسيلكا خاصة فى عمليات الصباغة ذات طبيعة أنيونية (ANIONIC)

مادة دلينول ٢١٠٠ (DELINOL 2100)

مادة مخلبية ذات أساس عضوى (CHELATING) وغير عضوى (SEQUESTERING) تستخدم فى معالجة الماء خاصة للتخلص من الكالسيوم والمغنسيوم.

وهناك أيضاً مادة DELINOL DEM ومادة DELINOL لمنع ترسيب المعادن فى الحمام الحامضى وكذلك مادة ATECID ECS.

٢- شركة كلارينت (CLARIANT)

مادة لاديكويست ١٠٩٧ سائل (LADIQUEST 1097 E)

وهى مادة أنيونية لها قدرة عالية للارتباط بأيونات الكالسيوم والمغنسيوم وكذلك أيونات المعادن الثقيلة للحديد والنحاس والمنجنيز (Fe^{+++}, Cu^{++}, Mn^{++}) حتى فى الوسط شديد القلوية (PH12) حيث يمنع تكوين الأملاح التى تسبب عسر الماء وبالتالى تساعد فى الحصول على صباغة متجانسة كما أنها مادة ناشرة ممتازة.

مادة بلكسوفور ECO سائل (PLEXOPHOR ECO LIQUID)

مادة مساعدة لمنع التلوث ذات خصائص متميزة كمادة مخلبية (SEQUESTERING) لأيونات المعادن الثقيلة وأملاح القلوية EARTH ALKALIS SALTS) أثناء معالجة جميع أنواع الخيوط حيث يزيل الأملاح المعدنية من الخامة ومن المحاليل السائلة يمنع ترسيب الأملاح الغير مرغوب بها.

الباب الخامس

طرق تحليل المـــاء

الباب الخامس

طرق تحليل الماء

(Water Testing Methods)

طرق تحليل عينات من الماء سواء المعالج أو قبل المعالجة لمعرفة مكوناته عملية هامة جداً في العمليات الصناعية خاصة بالنسبة لماء تغذية الغلايات أو داخل الغلايات لتحديد الجرعة المناسبة للمعالجة وللتأكد أيضا أن الماء المستخدم في التغذية يخضع للمواصفات المطلوبة .

كما أن القياس الدقيق لمكونات الماء الغير معالج ومكوناته يساعد على الحساب الدقيق لجرعة المواد الكميائية المضافة . والجرعة الغير محسوبة جيدا يمكن أن ينتج عنها إما فاقد في استهلاك المواد الكيميائية أو معالجة غير سليمة وكافية وقد ينتج عنها مخاطر جسيمة كما سبق ذكره .

وفي هذا الجزء ، سوف يتم التركيز على طرق تحليل عينة من الماء لتحديد نوعيته ومكوناته وهي المعلومات اللازمة لمعالجة الماء أو لتحديد صلاحيته .

ومن أكثر الطرق المستخدمة في اختبار عينة من الماء هى الآتى :

١ ـ الاختبارات اللونية (Colorimetric Tests)

٢ ـ القياسات الضوئية (Photometric Measurements)

٣ ـ الاختبارات التحليلة (Analytical Tests)

١ ـ الاختبارات اللونية (Colorimetric Tests)

الاختبارات اللونية هى اختبارات بسيطة وسهلة وهذه تعتمد علي تكوين لون في العينة المطلوب قياسها عن طريق إضافة مادة كميائية معينة. ويتم قياس عمق اللون المتكون مع العينة المطلوب تعين تركيزها بالمقارنة بعينات أخرى ذات تركيزات معروفة إما علي هيئة سائل أو زجاج ملون أو دسكات بلاستيك ويعرف التركيز

مباشرة من العينات القياسية. ويتم ذلك بالنظر او باستخدام أجهزة القياسات اللونية.

٢ـ القياسات الضوئية (Photometric Measurements)

طرق القياس الضوئى هى طرق قياس إلكترونية للضوء المار في العينة ويقوم بنفس الدور الذى يقوم به الاختبار الضوئى ولكن بدرجة عالية من الدقة . وجهاز القياس الضوئى يمكنه قياس أى اختلاف في تركيز اللون مهما كان بسيطا لا يمكن ملاحظته بالعين المجردة . بجاتب ذلك فإن من مميزات القياسات الضوئية عدم تأثرها بظروف الإضاءة . وتوجد أنواع كثيرة من أجهزة القياسات الضوئية متاحة فى الأسواق .

٣ـ الاختبارات التحليلة (Analytical Tests)

تستخدم الاختبارات التحليلية لمعرفة التركيزات المختلفة باستخدام الطرق الكيميائية وهذه الطرق تحتاج إلي وقت طويل أو إمكانيات معقدة كما تحتاج إلي خبرة ومهارة عالية في الأداء .ولسهولة إجراء هذه الاختبارات بسهولة ويسر فقد تم إنتاج وحدات اختبارا سريعة (Test Kits) تعتمد علي طرق مبسطة لسرعة إجراء الاختبار وهذه الوحدات متاحة في الأسواق لاختبارات الماء بالنسبة لتعيين عسر الماء أو تركيز الحديد أو غيرها من الاختبارات .

وفيما يلي سوف نستعرض طرق أخذ وتحليل عينات من المياه الخام أو مياه تغذية الغلايات أو من داخلها وكذلك تحليل مياه الشرب والتى قامت بأعدادها شركة كميكس للخدمات العلمية الصناعية ـ بالاسكندرية وتشمل الأتى :

١ ـ طرق أخذ العينة للتحليل .

٢ ـ طرق تعيين الأس (الرقم) الهيدروجينى (PH)

أ) العسر المؤقت (Temporary hardness)

ب) العسر الدائم (Permanent hardness)

جـ) العسر الكلي (Total hardness)

٤ ـ تعيين المواد الصلبة الذاتية (Total dissolved Solids)

٥ ـ تعيين الأملاح الذاتية .

أ ـ الكلوريدات (Chlorides)

ب ـ الكبرتيات (Sulphates)

جـ ـ الفوسفات (phosphates)

د ـ البرمنجنات (Permenganate)

هـ ـ السيلكات (Silicates)

و ـ الحديد (Iron)

٦ ـ تعيين الأكسجين الذائب فى الماء .

٧ ـ تعيين ثانى أكسيد الكربون الحر في الماء .

طرق أختيار عينة من الماء
Water Testing Methods

تحتاج طرق معالجة الماء الخام إلي اختبارات أولية لتعيين جودة الماء الخام قبل أجراء أى معالجات عملية . وبناء علي هذه الاختبارات يتم تحديد الأسلوب اللازم للمعالجة .

كما أن الاختبارات الدقيقة لتعيين تركيز المواد الغير مرغوب فيها تساعد علي حساب جرعات المواد الكيميائية اللازمة للمعالجة . وترجع أهمية ذلك إلى أن أى كميات مضافة زيادة عن المطلوب سوف تؤدي إلى استخدام مواد كيميائية بدون فائدة وهذه تعتبر تكاليف زائدة ، وإذا كانت كمية المواد المضافة غير كافية فإن هذا سوف يؤدي إلي حماية غير كافية للغلاية سوف يتبعه مشاكل كثيرة سبق ذكرها .

وفي هذا الجزء سوف يتم التعرض إلي اختبار عينة من الماء لمعرفة مكوناتها وكذلك الاختبارات الازمة لكل نوعية من الماء .

وفيما يلي جدول يبين التحاليل لكل نوعية من الماء .

جدول (٧)

يوضح نوع التحاليل المطلوبة لكل نوع من عينات المياه

الرقم	نوع المياه / الاختبار	الخام	المرشحة	الميسرة	خالية الاملاح	المتكاثف	التغذية	الغلايات
١	الرقم الهيدروجينى	×	×	×	×	×	×	×
٢	القلوية			×				×
٣	عدد القلوية			×				×
٤	العسر المؤقت	×	×					
٥	العسر الكلى	×	×	×	×	×	×	×
٦	المواد الصلبة الزائدة	×	×	×				×
٧	الكلوريدات	×	×	×	×	×	×	×
٨	الكبريتات	×	×					×
٩	المواد العضوية	×	×	×	×			
١٠	السيليكا		×	×	×	×		×
١١	الحديد		×			×	×	×
١٢	الفوسفات							×
١٣	الأكسجين						×	×
١٤	ثاني أكسيد الكربون						×	×
	× تشير هذه العلامة إلى وجوب إجراء هذا التحليل لهذه العينة .							

طرق إجراء الاختبارات المعملية

تحتاج عملية أختبار عينة من الماء إلي دقة في الاداء وخبرة في معرفة معرفة أسلوب إجراء الاختبار وطرق أخذ العينة حتى يمكن الحصول على نتائج دقيقة وبالتالى تصبح العمليات التالية سليمة . ومن أهم العوامل التى تساعد علي ذلك هي طريقة أخذ العينة ، وتحضير المحاليل القياسية وكذلك دقة المعايير .

وفيما يلي سوف نوضح إحدى هذه العمليات وهى عينة التحليل .

طريقة أخذ العينة

أ ـ الوعاء

يجب أن تكون الزجاجة من البولى أثيلين كما يجب غسلها جيدا بحامض الهيدروكلوريك ثم تغسل بعد ذلك جيدا بماء الصنبورثم بالماء المقطر أو المياه الذي سوف تؤخذ منه العينة .

كما يجب أن تكون السدادة أيضا نظيفة وغير ملوثة .

ب ـ الكمية

يتوقف حجم العينة المطلوبة علي عدد التحاليل المراد تعيينها وبصفة عامة فإن ٢ لتر تكون كافية لتقدير التحاليل المطلوبة .

جـ ـ العينة

يجب أن يوخذ في الاعتبار أولا العينة المأخوذة يجب أن تكون عينة ممثلة بقدر الإمكان ، كذلك قبل أخذ العينة يجب غسل زجاجة العينة مرتين أو ثلاثة بمياه العينة المراد تجميعها . كما يجب غسل المواسير المأخوذ منها العينة وذلك عن طريق ترك حنفيات هذه المواسير فترة من الوقت .

كذلك عند تجميع عينة من المياه الساخنة تحت ضغط كما في حالة مياه الغلايات . وللوصول إلي نتائج دقيقة فإنه من الواجب تبريدها أولا حتى ٢٠° أو

أقل وذلك عن طريق بلف تبريد كما يجب إغلاق الزجاجة فوراً حتي تقلل من أو تغيير يحدث للعينة كما أنه فى بعض الحالات الخاصة مثل الأكسجين أو ثانى أكسيد الكربون فإن الوعاء يجب أن يملأ حتي نهايته تماما وذلك لتجنب امتصاص غازات الاكسجين وثاني أكسيد الكربون من الجو . كما يجب تحليل هذه العينات بدون تأخير ومن المستحسن تحليلها وفي نفس مكان العينة مع وجوب أخذ بعض الاحتياطات الخاصة كما سيذكر في أخذ عينة الاكسجين فيما بعد .

أما في حالة أخذ العينة من خزان أو ترعة أو نهر فتغمس الزجاجة وهى مغلقة . بعد غسلها بالعينة عدة مرات ثم يتزع الغطاء منها وعندئذ سوف تدخل المياه إلي الزجاجة حتي تملأها . وبعد ذلك تغطى الزجاجة بالغطاء النظيف والمغسول عدة مرات مع ترك حيز صغير فارغا فوق العينة .

ونظرا لاختلاف مكونات المياه من وقت إلي أخر وخاصة بالنسبة للمواد العضوية والمواد القابلة للتأكسد أو للتحليل وكذلك الغازات الذائبة فإنه من المستحسن أن تحلل العينات دوريا مع مراعاة تحليل العينة بعد جمعها مباشرة قدر الإمكان وخاصة بالنسبة للعينات ذات التلوث العالى .

ملحوظة :

في جميع التحاليل يستخدم حجم متساوى وهو ١٠٠ مل من العينة وذلك لسهولة الحسابات - إلا إذا ذكر خلاف ذلك .

١ - قياس الأس الهيدروجينى (الرقم الهيدروجينى) (pH)

الأس الهيدروجينى (أو الرقم الهيدروجينى) هو دلالة عن حامضية المحلول أو قلويته ، وهذا الرقم يبدأ من ١ وينتهى عند ١٤ ، حيث أن الوسط الحامضى يبدأ من الرقم ١ ويتدرج الرقم من ١ إلي الرقم ٧ وأن الرقم ١ يعنى وسطاً شديد الحامضية ثم تنقل تدريجيا حتى تصل إلى الوسط المتعادل عند رقم ٧ . ثم تبدأ القلوية من ٧ إلى ١٤ حيث تزيد القلوية تدريجيا حتى تصل أقصى قلوية عند الرقم ١٤ .

والطرق التى تستخدم لقياس الأس الهيدروجيني لعينة من الماء تنقسم إلي الآتى :

١ ـ باستخدام ورق الكاشف (Indicator paper)أو الرقم الهيدروجينـــــي (pH - paper) .

٢ ـ باستخدام جهاز قياس الأس الهيدروجينى (pH - meter)، حيث يزود الجهاز بتعليمات التشغيل .

ويتم أولا معايرة الجهاز تبعا للتعليمات المرفقة وباستخدام أحد المحلولين المزود بهما الجهاز . المحلول الأول حامضى والأس الهيدروجينى له ٤ (pH4) ، والمحلو ل الأخر قلوى والأس الهيدروجينى له (PH9.2) .

عند قياس عينة من الماء ، يستبدل محلول المعايرة بالعينة المطلوب تعيين الأس الهيدروجينى لها وذلك بعد شطف خلية الجهاز(Cell) بمحلول العينة جيداً . ويعيين بعد ذلك الأس الهيدروجيني للعينة .

٢ ـ قياس القلوية (Alkalinity)

تعزى القلوية فى الماء أساسا إلى وجود هيدروكسيدات (Hydrxides) المعادن ، وكذلك قد ترجع إلي وجود ـ ولكن بقدر أقل ـ البورات (Borates)والسيلكات (Silicates)والفوسفات (Phosphates) المعادن .

ويتم تعيين القلوية عن طريق معادلة العينة بمحلول قياسى بحامض قوى وباستخدام دليل الفينول فيثالين للدلالة عن هذا الجزء من القلوية الناتج عن الهيدروكسيدات ونصف الكربونات . أما في حالة استخدام كاشف المثيل البرتقالى (Methyl Orange)لقياس القلوية . فإنه يقوم بتعيين القلوية الكلية وكذلك عن هذا الجزء من القلوية ينقسم إلي نوعين كالآتى :

أ ـ قلوية الفينول فيثالين P- Value

ب ـ قلوية الميثيل البرتقالي M - Value

أ ـ طريقة قياس قلوية الفينول فيثالين P- Value

يستخدم في إجراء هذا الاختبار الكواشف والمحاليل القياسية الآتية :

١ ـ حامض هيدروكلوريك ١٠ / ١ عيارى .

٢ ـ دليل الفينول فيثالين .

طريقة إجراء التجربة

١ ـ يؤخذ ١٠٠ مل من عينة الماء في دورق مخروطى ونضيف إليها من دليل الفينول فيثالين .

٢ ـ إذا لم يظهر اللون الأحمر ، فإن هذا يدل على أن قلوية الفينول تساوى صفر ، أما إذا ظهر اللون الأحمر ، فيتم معايرة محتويات الدورق مع حامض الهيدروكلوريك ١٠ / ١ عياري .

٣ ـ يتم تسجيل قراءة السحاحة ولتكن ح ١ مل تمثل قلوية الفينول فيثاليين .

ب ـ القلوية الكلية (Total alkalinity)

ويتم تعيين القلوية الكلية باستخدام الميثيل البرتقالي (M - Value) ويستخدم الكواشف والمحاليل الآتية :

١ ـ محلول قياسى لحامض الهيدروكلوريك (HCI) ١٠ / ١ عياري .

طريقة إجراء التجربة :

١ ـ يوضع ١٠٠ مل عينة الماء المراد تحليلها فى دورق مخروطى ونضيف إليها نقطتين من دليل المثيل البرتقالى .

٢ ـ يتم معيرة محتويات الدورق مع حامض الهيدروكلوريك ١٠ / ١ عياري .

٣ ـ يتم تسجيل قراءة السحاحة ولتكن ح ٢ مل وتحسب القلوية الكلية M - Value من قراءة ح ٢ .

ملحوظة :

يمكن وضع دليل المثيل البرتقالي إلي العينة بعد تعيين P - Value ونكمل المعايرة .

٣ـ قياس العدد القلوى (Alkalinity number)

يتم تعيين الرقم القلوى من قلوية الفينول فيثالين P - Value ، حيث أن الرقم القلوى يساوى عدد من حامض الهيدروكلوريك × عيارى × ٤٠

الرقم القلوى = ح ١ × ٤٠

عســــــــر المـــــــــاء
(Water Hardness)

يعزى عسر الماء ـ كما سبق ذكره ـ إلى وجود أملاح الحديد الذاتية .

وينقسم العسر في الماء إلي نوعين هما :

أ ـ العسر المؤقت (Temporary Hardness)

ويعرف هذا العسر أيضا بعسر الكربونات (Carbonate hardness) ويرجع هذا العسر إلي وجود بيكربونات الكالسيوم والمغنسيوم ، كما أن تسميه العسر المؤقت ترجع إلي أن هذه الاملاح عند الغليان تترسب على صورة كربونات الكالسيوم وهيدروكسيد المغنسيوم ، وبذلك يزول العسر ، وذلك في المعادلات الآتية :

$$Ca(HCO_3)_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O + CO_2$$

$$Mg(HCO_3)_2 \rightarrow M_g(OH)_2 + CO_2$$

وهذه الرواسب هى التى تسبب القشور (Scales)علي جدار وأوعية التسخين في الغلاية .

ب ـ العسر الدائم (Permanent Hardness)

ويعرف هذا العسر أيضا بعسر غير الكربونات (Non - carbonate hardess) حيث أنه يرجع إلي وجود أملاح الكالسيوم والمغنسيوم الذائبة الأخرى ، ماعدا

بيكربونات الكالسيوم والمغنسيوم وبصفة خاصة أملاح الكبريتات . وهذا النوع من العسر لا يزول بالغليان .

جـ - العسر الكلي (Total hardness)

هو حاصل جمع العسر المؤقت والعسر الدائم .

٤ - تعيين العسر المؤقت « عسر الكربونات »

عسر الكربونات هو العسر الناتج عن وجود بيكربونات الكالسيوم والمغنسيومفي الماء ويتم تعيين العسر عن طريق معايرة عينة من الماء باستخدام محلول مخفف من حامض الهيدروكلوريك ١٠ / ١ عيارى في وجود الكاشف الميثيل البرتقالي (Methyl Orange)

٥ـ تعيين العسر الكلي في الماء (Total hardness)

العسرالكلى هو حاصل جمع العسر المؤقت والعسر الدائم ويتم تعيين العسر الكلى في الماء باستخدام مواد مخلبية أى مواد تعمل علي الإمساك بالايونات المسببة للعسرة وتجعلها معلقة في الماء . من المواد مواد تعرف (Chelating agent وهو مواد عضوية تحمل مجموعتين من هذه الهيدروكسيد -OH -2) group) مع ملح الصوديوم وبذلك تكون ذائبة في الماء.

ومن هذه المواد مادة أثلين داى أمين رباعى حامض الخليك (Ethylene diamine tetra acetic acid) ويرمز لها بالرمز EDTA وتعرف تجاريا بمادة التيترابلكس (Titriplex).

وهناك أيضا مواد تعرف بالـــ Sequestering agent وهي مادة مخلبية ذات أساس غير عضوي ومن هذه المواد مادة هيكساميتـا فوسفات Hexametaphosphate .

تعيين العسر الكلي فى الماء

الكواشف والمحاليل القياسية

أ ـ محلول التيتر بيلكس : Titriplex III)III).

محلول التيتربيلكس III= درجة عسر ألماني «d» .

ب ـ المحلول المنظم للتيتربيلكس III .

١ ـ يذاب ٨,٨ جم من كبريتات الزنك في لتر من الماء المقطر .

٢ ـ يذاب ٥٤ جم كلوريد الألمونيوم ، ٣٥٠ مل من آيدروكسيد الألمونيوم ، ٥٠ مل من محلول كبريتات الزنك ٨,٨ جم / لتر ثم نضيف إلي هذا المحلول ما يكافيء الـ ٥٠ مل كبريتات الزنك من محلول التيتربيلكس III ونكمل حجم المحلول إلي لتر .

جـ ـ دليل الميش (Mish indicater)

نضيف ١ر جم من أحمر الميثيل (Methyl Red) ، ٥ر٢ جم من اريكروم بلاك ت (Erio Chrome Black T) إلي ٧٠٠ جم من كلوريد الصوديوم ، يصحن المخلوط جيدا .

الطريقة :

١ ـ نضع ١٠٠ مل من عينة الماء المراد تحليله في دورق مخروطي نظيفة .

٢ ـ نضيف ١٠ مل من المحلول المنظم للتيتربيكلس III بحوالى ١/٢جم من دليل الميش .

٣ ـ عاير محتويات الدورق مع محلول التيتربيلكس III وسجل قراءة السحاحة فهى تمثل درجة العسر الكلي بالدرجة الألمانى "d." .

ولسهولة إجراء هذه التحاليل بسرعةوسهولة ويسر ، فقد تم إنتاج كبسولات تحتوى على التيترابلكس المنظم وكذلك دليل الميش بحيث أن الكبسولة الواحدة تعطي درجة عسر ألمانى .

العسر = درجة العسر × ١٧,٢ = مجم / لتر

٦- تعيين المواد الصلبة الذائبة " Total dissolved solids "

يتم تعيين المواد الصلبة الذائبة في عينة من الماء باستخدام جهاز معامل التوصيل الكهربائى (Conductivity meter)وهو جهاز يعتمد على مقاومة المحلول للتيار الكهربائى ومبرمج لأعطاء القراءة مباشرة .

ولأجراء هذه الاختبار ، نأخذ عينة من الماء المطلوب تعيين الـ TDS ويتم معادلتها باستخدام محلول مخفف من حامض الهيدروكلوريك (HCl) أو الامونيا المخففة (NH_4 OH) وباستخدام كاشف الفينول فيثالين .

وذلك في حالة أن تكون العينة غير متعادلة ثم بعد ذلك يوضع قطب الجهاز لتسجيل القراءة .

٧- تعيين الكلوريدات في الماء (Determination of chlorides)

أملاح الكلوريدات هى أملاح تذوب في الماء ، ويتم تعينها باستخدام محلول من نيترات الفضة ـ التى تذوب فى الماء - حيث يتم تكوين ملح كلوريد الفضة وهو ملح لايذوب في الماء ويترسب علي هيئة راسب أبيض .

الكواشف والمحاليل القياسية

أ ـ يحضر محلول ٣٥٫٥ / ١ عيارى من نترات الفضة ، وذلك بإذابة ٧٨٥ر٤ جم من نترات الفضة في واحد لتر من الماء المقطر .

ب ـ يحضر محلول من ٥٪ كرومات البوتاسيوم ، وذلك بإذابة ٥٠ جرام كرومات البوتاسيوم (Potassium chromate) فى لتر من الماء المقطر .

جـ ـ يحضر محلول مخفف من حامض النيتريك أو الكبريتيك .

د ـ يحضر محلول مخفف من الأمونيا .

طريقة إجراء لاختبار

١ ـ يوضع ١٠٠ مل من عينة الماء المطلوب اختبارها فى دورق مخروطى ويضاف إليها نقطتين من دليل الفينول فيثالين ، وعند ظهور اللون الأحمر يضاف قطرات من حامض النيتريك المخفف حتي نقطة التعادل ـ وهذا في حالة أن تكون العينة قلوية . أما في حالة أن تكون العينة حامضية ، يضاف بعض قطرات من محلول النشادر المخفف حتى نقطة التعادل .

٢ ـ يضاف نقطتين من محلول كرومات البوتاسيوم ٥ ٪ .

٣ ـ يتم معايرة محتويات الدورق مع محلول عيارى من نيترات الفضة ٣٥٫٥/١ عيارى ، حتى يظهر لون شوكولاتى خفيف .

٤ ـ يتم احتساب تركيز الكلوريدات من المعادلة الآتية :

تركيز الكلوريدات = عدد مل نيترات الفضة × ١٠ لتر مجم = مجم / لتر

٨ ـ تعيين الكبريتات في الماء (Sulphates)

توجد الكبريتات في الماء علي هيئة كبريتات الكالسيوم والمغنسيوم وكبريتات الكالسيوم تذوب في الماء حتى ٢٠٠ مليجرام / لتر بينما كبريتات المغنسيوم شديدة الاذابة فى الماء وهما يمثلا العنصر الأساسى للعسر الدائم . ويتم تعيين الكبريتات في الماء عن طريق التعادل مع كلوريد الباريوم لتكوين كبريتات الباريوم التي تترسب .

ويستخدم في تعيين الكبريتات فى عينة الماء الكواشف الآتية :

١ ـ حامض هيدروكلوريك مخفف بنسبة ١ : ١ وذلك عن طريق إذابة ٥٠٠ من الحامض المركز (كثافة النوعية ١٥ ر١ ـ ١٩ ر١) إلى واحد لتر بإستخدام الماء المقطر .

٢ ـ محلول كلوريد الباريوم ($Ba\,Cl_2$ - H_2O) في كمية من الماء المقطر ثم يتم تخفيفه مرة أخرى واحد لتر . يرج المحلول جيدا ويتم ترشيحه إذا كان المحلول عكراً .

الطريقة

١ - يوضع ٢٠٠ مل العينة في كأس سعة ٤٠٠ مل .

٢ - يضاف نقطتين من دليل المثيل البرتقالى ثم يعادل المحلول بمحلول حامض الهيدروكلوريك (١ : ١) ثم يضاف ٣ مل ٣ زيادة من الحامض .

٣ - يسخن المحلول لدرجة إلغليان ثم يضاف ١٠ مل من محلول كلوريد الباريوم نقطة نقطة وتستمر في الغليان عدة دقائق .

٤ - يترك الكأس حتى تترسب سلفات الباريوم . ثم يرشح المحلول خلال ورق ترشيح خالي الرماد (Ashless F.P) ثم يغسل الراسب جيدا بالماء الساخن حتى يتم التخلص من الكلوريدات .

٥ - يوضع ورقة الترشيح في جفنة صينى موزونة ثم ضعها علي اللهب الهادىء حتى تجف ثم يتم حرقها برفق حتي تتفحم ثم نكمل الحرق حتى تحترق الورقة تماما ويصبح لون الرماد أبيض .

٦ - توضع البوتقة فى مجفف ثم توزن البوتقة وبها كبريتات الباريوم المترسبة وفيها يتم تعيين وزن كبريتات الباريوم .

$$\text{كمية الكبريتات } (SO_4^{--}) = \frac{\text{وزن كبريتات الباريوم (جم)} \times ٤١.١٥ \times ١٠٠٠}{\text{حجم العينة بالمل « ٢٠٠ »}}$$

ملحوظة :

يجب أن لاتحتوى العينة على أثار من السيليكا أو الحديد أو الألومنيوم ، وأن وجدت يتم التخلص منها أولا .

٩- تعيين المواد العضوية

ترجع أهمية تعيين المواد العضوية في الماء بالنسبة لمياه تعويض الغلاية ذات الضغط المرتفع من ٨٠ إلي أعلى ضغط جوي / ١ سم٢ حيث أن أى آثار مواد عضوية في العينة سوف يتحلل تحت الضغط المرتفع مكونا ثاني أكسيد الكربون.

ويتم تعيين المواد العضوية الموجودة في الماء وذلك باستخدام محلول من البرمنجانات ويستخدم في ذلك الكواشف والمحاليل الآتية :

١ ـ محلول ١٠ /١ عيارى برمنجنات البوتاسيوم .

٢ ـ محلول ١٠ /١ عيارى من حامض الاوكساليك (Oxalic acid)

٣ ـ محلول مخفف من حامض الحامض الكبريتك بنسبة ١ : ٣ بالحجم .

طريقة إجراء الاختبار

١ ـ يوضع ١٠٠ مل من عينة الماء المراد تحليله فى دورق مخروطى ثم نضيف إليها ، مل من حامض الكبريتيك المخفف ، ثم يضيف إليها ٢٠ مل من محلول البرمنجنات العيارى (١/١٠٠ ع).

٢ ـ يتم الغليان لمدة عشر دقائق ثم نضيف كمية من الماء المقطر لتعويض الجز المفقود نتيجة التبخير .

٣ ـ نضيف ٢٠ مل حامض اوكساليك العيارى (١/١٠٠ ع).

٤ ـ نضع في دورق مخروطى أخر ١٠٠ مل ماء مقطر ونضيف اليه نفس المحاليل ونضعه في نفس ظروف الغليان والزمن وذلك ليكون الضابط (Blank).

٥ ـ نعايير محتويات الدورقين بمحلول عياري ى (١/١٠٠ ع) من برمنجات البوتاسيوم ونسجل عدد المليمترات ى (١/١٠٠ ع) برمنجات البوتاسيوم المستخدمة في كل حالة ونحسب كمية البرمنجانات المستهلكة وذلك كالاتي:

البرمنجانات المستهلكة = (عدد الملليمترات برمنجانات البوتاسيوم ـ الضابط) × ١٦ر مجم / لتر

ملحوظة

في حالة استخدام عينة من الماء بعد الصرف أو مياه المجاري يستخدم ٥٠ مل من العينة فقط .

١٠- تعيين السليكا في الماء "Determination of Silica"

السليكا هي مادة غير مرغوب فيها عند التركيز العالي في ماء التعويض في الغلايات.

ونظرا لأهمية عدم تواجدها في مياه تغذية الغلايات ، فإنه يلزم تحديد تركيزها تماما لإمكانية تحديد المعالجة اللازمة للتخلص منها .

ويستخدم في تعيين السيليكا في الماء الكواشف والمحاليل الآتية :

١ - محلول موليبدات الأمونيوم ($(NH_4)_6$ MO_7 - 24 H_2O)

نذيب ٥ مل من محلول موليبدات الامونيوم في ٨٠ مل من الماء المقطر الدافيء ، ثم نضيف ٨ر٢ مل من حمض الكبريتيك المركز . ثم نكمل حجم المحلول إلي ١٠٠ مل مع ملاحظة عدم تكوين أي راسب . وتحضر المحلول باستمرار .

٢ - حمض الستريك ١٠٠ / لتر

يذاب ١٠٠ جم من حمض الستريك (H_3 C_6 H_5 O_7 H_2O) في لتر من الماء المعاد تقطيره .

٣ - حامض الهيدروكلوريك المركز :

يستعمل حامض الهيدروكلوريك المركز بتركيز ٣٥ - ٣٧ ٪ و كثافته النوعية ١٨ر١ - ١٩ر١ .

٤ - محلول الاختزال (Reduction Solution)

أ - يذاب ٩٠ من بيسلفت الصوديوم ($Na\ HSO_4$)أو ٨٢ جم من ميتا بيسلفيت الصوديوم ٨٢ جم من ميتا بيسلفيت الصوديـــوم ($Na_2\ S_2O_5$)

في ٨٠٠ مل من الماء المقطر .

ب ـ يذاب في كأس أخر ٧ جم من ببسلفيت الصوديوم ($Na_2\ SO_3$) في ١٠٠ مل من الماء المقطر ثم يضاف ٥ر١ جم من ١ ـ أمنيوم ٢٠ ـ نافتول .

جـ ـ حمض السلوفيك

يقلب جيدا الذوبان ثم يضاف إلي محتويات الكأس الأول . يخلط جيداً ثم نكمل حجم المحلول إلي لتر .

يحضر هذا المحلول كل بضعة أسابيع مع مراعاة حفظه في الثلاجة .

٥ ـ محلول السيليكات القياسي

أ ـ المحلول الاحتياطى (Stock Soution)

يذاب ٥ر٦ جم من ميتاسيلكات الصوديوم ($Na_2\ SiO_3\ H_2\ O$) في كمية من الماء المقطر ثم يستمر فى الإضافة حتى يصبح حجم المحلول لتر .

نأخذ ٢٠٠ مل من هذا المحلول واضعا كل مائة مل فى كأس ويعين في كل منها السيلكا الموجودة بها تحليلا كميا بواسطة التحليل الوزنى ونأخذ المتوسط ليمثل تركيز السيلكا في المحلول .

نحسب حجم المحلول المحتوى على ١ جم من السيلكا " SiO_2 " من المحلول السابق وليكن ح مل .

أنقل مل من هذا المحلول السابق ونضعه فى دورق قياسى نظيف سعته لتر . ثم خففه بالماء المقطر حتى العلامة .

١ مل من هذا المحلول = ١ مجم س أ ٢

يتم حفظ هذا المحلول في زجاجة بو لي إيثلين وأغلقها جيدا .

ب ـ محلول قياسي من السيلكا ١ ر مجم س أ ٢ /مل " SiO_2 " من المحلول :

يوضع ١٠ مل من محلول السيليكا الاحتياطي في دورق قياسى سعته ١٠٠ مل يضاف إليها الماء المقطر حتى العلامة .

٦ ـ حمض الطرطريك (Tartaric Acid)

يذاب ١٠٠ جم من حمض الطرطريك ($H_2 C_4 H_4 O_6$)فى كمية قليلة من الماء المقطر ثم يجفف المحلول إلي لتر بإضافة الماء المقطر .

الطريقة :

أ - إذا كانت السيلكا حوالي ١ جم / لتر

١ ـ يضاف كمية من العينة بها حوالى ١ مجم سيليكا وليكن حجمها ح ١ ثم خففها بالماء المقطر حتى تصبح ٦٠ مل .

٢ ـ يضاف إلي العينة كمية من حمض الهيدروكلوريك " أو الامونيا » حتي يصبح الأس الهيدروجينى للعينة ٤ر١ .

٣ ـ تنقل العينة إلي أنبوبة نسلر سعة ١٠٠ مل ثم يخففها حتى يصبح حجمها ٥ مل بإضافة الماء المقطر .

٤ ـ أضف ٥ر٧ مل من محلول موليبيدات الامونيوم . ويرج المحلول جيدا ثم نتركه ٥ دقائق ثم نضيف إليه ٢ مل من محلول حمض السيتريك ثم نكمل الحجم إلي ١٠٠ مل بإضافة الماء المقطر .

عمل الضابط (Blank)

تجرى نفس الخطوات السابقة مستخدما الماء المقطر بدلا من العينة ونكمل الحجم إلي ١٠٠ مل . ثم نضيف إليها محلول السيليكا القياسى وتقارن بتساوى اللونين ، ونسجل القراءةولتكن س مل

كمية السيليكا = حجم محلول السيليكا س مل × ١ر × ١٠٠ / حجم العينة ح ١

حجم س أ ٢ / لتر

ب - إذا كانت السيليكا اقل من ١ جم / لتر

١ - نأخذ كمية من العينة تحتوي علي حوالي ٤ حجم سيليكا وأجري عليها نفس الخطوات السابقة حتى الخطوة التى يضاف فيها موليبدات الأمونيوم ثم نضيف ٢ مل من محلول موليبدات أمونيوم فقط . نخلط العينة جيداً ثم نتركها ٥ دقائق بالضبط ثم أضف ٤ مل من محلول حمض الطرطريك قلب جيداً ثم اتركها ٥ دقائق بالضبط .

٢ - نضيف ٥ مل من محلول الأختزال ثم نخفف العينة إلي ١٠٠ مل . ونخلط المحلول جيداً ثم نتركها لمدة عشر دقائق قبل مقارنتها بالضبط .

٣ - عمل الضابط : تجري نفس الخطوات المتبعة مع العينة مع استبدال العينة ب ٥ مل من الماء المقطر .

٤ - يضاف محلول السيليكا إلى محلول الضابط وقارن حتى يتساوى اللونين وسجل حجم محلول السيليكا المستخدمة ولتكن س ٢ مل.

$$\text{كمية السيليكا} = \frac{\text{حجم محلول السيليكا س ملي} \times ١ر \times ١٠٠}{\text{حجم العينة ح ١}}$$

ملحوظة : يجب أن تكون المياه المقطرة المستخدمة في تقدير السيليكا معاد تقطيرها .

كما يجب أن تحفظ المحاليل فى أوعية من البولي أثيلين .

١١ ـ تعيين الحديد في الماء

(Determination Of Iron)

يوجد الحديد في كثير من الصخور البركانية والطمي ، ويذوب بسهولة في غياب الأكسجين ـ أي في الحالة المختزلة ـ ويوجد في ماء الشرب بتركيز حتى ٣ر . مليجرام / لتر ويوجد الحديد عادة في الماء نتيجة أكسدة الحديد في خطوط التوصيل .

ويتم تعيين الحديد عن طريق تفاعله مع محلول من ثيوسيانات الأمونيوم حيث يتكون لون أحمر .

ويتم تحديد نسبة الحديد في الماء باستخدام الكواشف والمحاليل الآتية :

أ ـ محلول الحديد

يذاب ٧٠٢٢ ر . جم من كبريتات الحديدوز النوشادرية $Fe(NH_4)_2\ SO_4 . 6H_2O)$ في ١٠٠ مل من الماء المقطر ثم نضيف ٥ مل (١ : ٥ حامض كبريتيك) ثم نضيف بحذر محلول مخفف من برمجنات البوتاسيوم ٢ جم / لتر حتى حتي يصبح لون المحلول خفيف جدا من البرمنجنات .

يقلب المحلول جيدا ثم نضيف ماء مقطراً حتي يصبح المحلول واحد لتر ثم تقلب جيدا .

ومن هذا المحلول كل واحد مل من محلول الحديد = أو ١ , ٠ مجم حديد .

نأخذ ١٠٠ مل من محلول الحديد ونخففها إلي واحد لتر .

ومن هذا المحلول ١ مل = ٠١ر. مجم حديد .

ب ـ محلول ثيوسيانات الامونيوم ١٠٪

يذاب ١٠٠ جم من ثيوسيانات الامونيوم في ٩٠٠ مل من الماء المقطر .

جـ ـ محلول فوق أكسيد الهيدروجين ٣٪ .

نأخذ ٢٠٠ مل من عينة الماء ونضيف إليها ٣ مل من حامض الهيدروكلوريك المركز وكذلك ١ مل من محلول فوق أكسيد الهيدروجين ٣ ٪ .

٢ ـ تحضير عينة الضابط (Blank).

نأخذ ٢٠٠ مل من الماء المقطر ونضيف إليها ٣ مل من حمض الهيدروكلوريك المركز ، ١ مل من محلول فوق أكسيد الهيدروجين "٣٪" .

٣ ـ نضع كلا الدورقين علي سخان حتى الغليان . ونستمر في الغليان حتى يخفف الحجم إلي الثلث .

٤ ـ ينقل محتوى كل دورق إلى أنبوبة نسلر ونضع في كل أنبوبة ١٠ مل محلول ثيوسيانات الأمونيوم ١٠ ٪ ثم نخفف بالماء المقطر حتي يصبح الحجم في كل أنبوبة ١٠٠ مل .

٥ ـ إذ ظهر لون أحمر في انبوبة العينة فإن هذا يعنى وجود الحديد . عند ئذ أضف إلى انبوبة الضابط محلول الحديد واستمر في الإضافة حتي يتساوى اللونان

٦ ـ نسجل الكمية المأخوذة من محلول الحديد ولتكن (ح) .

.·. كل ١ مل من محلول الحديد يحتوى علي ١٠ر٠ حجم حديد .

: تركيز الحديد (حجم /لتر) = ح × ٥ × ١٠ر٠ حجم / لتر.

١٢ ـ تعيين الفوسفات "Determination of Phosphate"

يستخدم عادة الفوسفات لمعالجة المياه وذلك لمنع ترسيب الأملاح المسببة للعسر داخل الغلاية ، ويستخدم في ذلك أنواع مختلفة من الفوسفات كما سبق ذكره.

ويستخدم في تعيين أملاخ الفوسفات محلول من فاندات الامونيوم (V.M) (Ammonium Vanadate) " $NH_4\ VO_3$ " وذلك كالآتى :

أ ـ يذاب ١ حجم من فاندات الامونيوم مع ٢٥ حجم من موليبدات الامونيوم في ٣٠٠ مل من الماء عند درجة حرارة ٥٠° - ٦٠° م ثم يبرد بعد ذلك إلي درجة حرارة الغرفة .

ب ـ يضاف ١٢٥ مل من حامض كبريتيك مركز إلي ٤٠٠ مل من الماء المقطر ثم يبرد إلي ٢٠ °م ويضاف ١٢٥ مل من حامض الكبريتيك إلي ٢٠٠ مل من الماء

ثم يبرد إلي ٢٠ مْ .

جـ - يضاف المحلول (أ) إلي المحلول (ب) ويستكمل الخليط إلي واحد لتر بالماء المقطر .

محلول الفوسفات القياسى

١ - عندما يذاب ١٤٣ر جم من بيفوسفات البوتاسيوم ($KH_2 PO_4$) في لتر من الماء، يصبح تركيز هذا المحلول ١٠٠ مجم / لتر .

٢ - يجهز ٢٠ دورق قياسى سعة ١٠٠ مل ويؤخذ من محلول الفوسفات كميات متناقصة من ٤٠ مل إلي ٢ مل كالآتى : ٤٠ مل - ٣٨ - ٣٦ - ..... ٢٠ مل ويوضع كل منها في دورق من الدوارق القياسية العشرين ثم يضاف إلي كل منها ماء مقطر حتي العلامة . نرج جيدا.

٣ - يجهز ٢٠ أنبوبة اختبارنظيفة . ونأخذ من كل دورق من الدوارق القياسية، ١ مل من محلول الفوسفات الموجود بها ونضع عليه ٢ مل من محلول ال V. M ثم نغلقها جيدا .

وبذلك نحصل علي محاليل قياسية نراكيزها ٤٠ - ٣٨ -٣٦ حتي ٢ مجم / لتر VO_4 .

الطريقــــة

١ - نأخذ ١٠ مل من الماء في أنبوبة اختبار ونضيف إليها ٢ مل من محلول ال V.M ثم نتركها لمدة عشر دقائق .

٢ - قارن اللون الناتج مع محاليل الفوسفات القياسية .

١٣- تعيين الأكسجين الذائب في الماء

(Determination of dissolved Oxygen)

يعتبر الأكسجين الذائب في المياه العنصر الفعال في حدوث التآكل في الغلايات ولذلك فان تعيين الأكسجين ضرورى في متابع الغلايات .

كذلك فان تقدير الأكسجين في الماء يعد مقياسا لعملية إزالة الغازات مع ملاحظة أنه في بعض الحالات يعتبر وجود الأكسيچين من العناصر الهامة واللازمة في استمرار الحياة للكائنات الموجودة في هذه المياه .

أخذ العينة

تغسل ماسورة العينة جيدا وذلك عن طريق تدفق المياه من خلالها فترة من الزمن كما تبرد المياه الخارجية من هذه الماسورة إلى ٢٠ °م أو أقل وذلك عن طريق مبرد .

ثم توضع بعد ذلك فتحة الماسورة في قاع زجاجة الأكسجين وتركها حوالى ٥ دقائق على الأقل مستمرة فى التدفق على أن يكون معدل تدفق المياه من الماسورة حوالي لتر أو لترين فى الدقيقة ثم أغلق الزجاجة جيدا مع تجنب وجود أي فقاعه هوائية داخل الزجاجة .

الكاشف والمحاليل القياسية

١ - محلول كلوريد المنجنيز ٤٠٪ ($Mn\ Cl_2$)

يذاب ٤٠ جم من كلوريد المنجيز في ٦٠ مل من الماء المقطر .

٢ - كاشف اليوديد القلوي "Alkaline - Iodine"

يذاب ١٠ جم من يوديد البوتاسيوم في ١٠٠ مل من الماء المقطر ثم أضف إلي هذا المحلول ٣٣ جم هيدروكسيد بوتاسيوم «مع ماحظة ألا يعطى المحلول اللون الأزرق مع محلول النشا» .

٣ - حمض الايدروكلوريك المركز

يستخدم حمض هيدروكلوريك بتركيز ٣٥ - ٣٧ ٪ يد كل كثافة النوعية

١٨ر١ - ١٩ ر١.

٤ ـ محلول النشا

أ ـ نضع حوالي ٥ أو ٦ من النشا في كمية قليلة من الماء . قلب جيدا ثم صب هذا المعلق في لتر من الماء المغلي وأتركه يغلى لعدة دقائق . اترك المحلول لمدة ٢٤ ساعة حتى يرسب كل النشا .

ب ـ آنقل المحلول الرائق الذى يمكن أستعمال كدليل كشاف وذلك بعد إضافة ٢٥ر١ جم من حمض السليسليك حتى لايتعفن محلول النشا .

٥ ـ محلول ثيوكبريتات الصودويم

يحضر محلول ثيوكبريتات الصوديوم $\frac{١}{٥٠}$ ع .

الطريقة

١ ـ نضع ٢ مل من محلول كاشف اليوديد القلوى .

٢ ـ نضع ٢ مل من محلول كلوريد المنجنيز (٤٠٪) ثم نغلق الزجاجة فورا .

٣ ـ اخلط محتويات الزجاجة جيدا قلبها عدة مرات مع مراعاة عدم وجود أي فقاعات هوائية داخل الزجاجة . ثم اتركها بمحتوياتها لمدة ١٠ دقائق في مكان مظلم .

٤ ـ نضيف ٤ مل حامض الهيدروكلوريك المركز وأعد خلط محتويات الزجاجة جيدا حتي يذوب الراسب المتكون .

٥ ـ نضع محتويات الزجاجة في دورق مخروطى ونعاير مع محلول $\frac{١}{٥٠}$ ع ثيوكبريتات الصوديوم القياسى .

٦ ـ سجل قراءة السحاحة ولتكن ح . مل .

$$\text{كمية الأكسجين حجم / لتر} = \frac{\text{ح} \times ١٦ر٠ \times ١٠٠٠}{\text{حجم الزجاجة} - ٨} =$$

حجم /لتر

١٤ ـ تعيين ثاني أكسيد الكربون الحر في الماء

(Determination of Free Carbon dioxide)

يتم تعيين ثانى أكسيد الكربون الحر في العينة وذلك بأتباع نفس الاسلوب أخذ العينة في حالة تعيين الأكسجين في تعرض العينة للهواء الجوى والفقاعات الهوائية .

ويستخدم في ذلك الكواشف والمحاليل الآتية :

١ ـ محلول ١/٢٢ عياري من كربونات الصوديوم .

٢ ـ دليل الفينول فيثالين .

الطريقة :

١ ـ نضع ١٠٠ مل من العينة فى دورق مخروطى ثم أضف إليها ٥ ر٠ مل من دليل فينول فيثالين فإذا تحول المحلول إلى اللون الأحمر فإن هذا يعنى عدم وجود غاز ثانى أكسيد الكربون .

٢ ـ إذا لم يتحول لون العينة إلي اللون الأحمر فإن هذا يعنى وجود ثانى أكسيد الكربون وعندئذ عاير العينة بمحلول ١/٢٢ عياري كربونات الصوديوم . مع الرج حتى يتحول لون المحلول إلى اللون الاحمر .

٣ ـ سجل قراءة السحاحة ولتكن ح مل من محلول ١/٢٢ عياري كربونات صوديوم .

وبذلك تكون كمية أكسيد الكربون = ح × ١٠ جزء في المليون (مجم / لتر) .

الجزء الثانى

تلوث البيئة

التلوث البيئي

الفصـــل الاول : عمليات معالجة المخلفات الصناعية المختلفة
الفصـــل الثانى : المعالجات الأولية .
الفصـــل الثالث : أعمال المعالجة النهائية بالمرشحات
الفصـــل الرابع : العمليات الإضافية
الفصـل الخامس : أسلوب معالجة الصرف الصناعي في الوحدات الصناعية .

التلوث الصناعي

Industrial Pollution

مقدمة

تساهم الصناعة بشكل عام بقدر كبير في تلوث البيئة المحيطة بنا مثل تلوث الهواء حيث تلقي آلاف الأطنان فى السنة من الأبخرة والغازات الكمياوية إلى الغلاف الجوى إما بهيئة فضلات لحرق الوقود المستخدمة يالصناعة أو بسبب الفصل غيرالتام للنواتج أو بسبب عمليات التبخر أو نتيجة للحوادث الصناعية كالأنفجارات والحرائق وتسرب الغازات السامة بسبب خلل ميكانيكي أو أهمال من قبل المشرفين على العمليات الصناعية .وتلوث الصناعة أيضا البيئة . فالصناعة الكميائية تأخذ الماء النقي كميائيا وتستغله في العمليات الصناعية المختلفة ثم تعيده ملوثاً بالمواد الكيميائية السائلة والصلبة والغازية مغيرة من خواصه الفيزيائية الطبيعية مثل الكثافة واللزوجة ومحتواه الغازى وتغيير لونه وطعمه ورائحته وتغيير الأس الهيدروجينى وبذلك تؤثر الصناعة تأثيراً كبيراً على الصحة العامة للإنسان والحيونات الأخرى التى تعتمد على الماء اعتمادا كليا للشرب والاستخدامات المنزلية.

وتساهم الصناعة بقدر كبير فى تلوث اليابسة حيث تلقى الالاف المؤلفة من الأطنان من الفضلات الصناعية الصلبة إلي اليابسة مثل المنتجات البلاستيكية والمطاطية التى تقاوم التفكك البيولوجى والمواد الغير عضوية مثل كربونات الكالسيوم التى تطرحها معامل الورق والسكر بهيئة ما يعرف بالطين الجيرى وتترك آلاف الأطنان من الفوارغ الزجاجية بعد استخدامها لمرة واحدة وهذه أمثلة معدودة من مئات الأمثلة الأخرى التى يمكن ملاحظتها باعتبارها عوامل لتلوث البيئة براً وبحراً وجواً وتشمل الملوثات الصناعية على الأكاسيد الحامضية الكبريتية وأكاسيد الكربون والفضلات المعدنية كمركبات الحديد والكروم والنيكل والنحاس وأملاح الصوديوم والكالسيوم والمغنسيوم والفضلات البترولية والفينولات والسبانيدات والأمونيا والتولوين والمواد الكربونية .

أنواع الملوثات الصناعية (Types of Industrial Wastes)

لقد تعددت وتنوعت الملوثات الصناعية بتطور القطاع الصناعي في كافة

المجالات . وعموما يمكن وضع الملوثات الصناعية فى ستة أصناف رئيسية :

أ ـ الفضلات الصناعية المستهلكة للأكسجين : فقد وجد فى إحدى الدراسات أن كمية الفضلات المستهلكة للأكسجين عام ١٩٦٨ بلغت ١٥ مليون كيلو جرام ومن الأمثلة على هذه الفضلات المواد الكيماوية القابلة للتأكسد المباشر بالأكسجين المذاب في الماء .

ب ـ الفضلات الصلبة العالقة والراكدة.

جـ ـ الفضلات الملوثة المؤثرة على الأس الهيدروجيني للماء : وهذه تشمل المواد التى تزيد الحموضية والقاعدية والمواد النشطة إشعاعيا . وهذه المواد تؤثر بشكل مباشر على نوعية الماء ومواصفاته حيث أن تغيير الأس الهيدروجينى للماء يؤثر على العديد من خصائص الماء مثل قابلية ذوبان الأملاح فيها وغير ذلك .

د) الماء الخارج من الصناعة تكون درجة حرارته غير طبيعية بذلك تعتبر الحرارة أحد الملوثات الصناعية للماء ومعظم هذه الحرارة تأتى من عمليات التوليد الكهربائى . وبالرغم من العديد من الاحتياطات مثل عمليات إعادة الاستخدام واستغلال الحرارة بواسطة التبادل الحرارى إلا أن كميات كبيرة من الطاقة تذهب سدي مع مياة الفضلات وتعتبر الحرارة مثابة ملوثات لأن الماء الساخن لايمكن استخدامه ثانية في التبريد وعليه يطرح إلي المجارى ويستعان بكميات أخرى من الماء وإرتفاع درجة الحرارة تؤدى إلى تغييرات كبيرة بالنسبة للأحياء المائية وتؤثر على زيادة قابلية ذوبان الأملاح في الماء وبذلك تزيد عسرته وفي نفس الوقت تقل كمية الأكسيچين المذابة في الماء وهذا بدوره يقلل سرعة التخلص من الفضلات العضوية القابلة للتأكسد.

هـ) الفضلات الكيماوية السامة وتأتى هذه الفضلات أما مباشرة من الفضلات الصناعية السامة مثل مصانع المبيدات والمواد الصيدلانية والصناعات الكيماوية الأخرى أو قد ينتج بسبب تفاعل الفضلات الصناعية فيما بينها .

و) الملوثات البكترية والفيروسية : هذا النوع من الملوثات يرتبط ببعض الصناعات المحدودة مثل مصانع تعليب اللحوم والصناعات الغذائية والجلود حيث تكون هذه المنشآت معرضة لنمو وتكاثر البكتريا المرضية وبعض الفيروسات وهذه بدورها تؤثر على نوعية المياه المستخدمة في الشرب .

الفصل الأول
عمليات معالجة المخلفات الصناعية المختلفة

توجد عدة أنواع من عمليات معالجة مياه الصرف . يعتمد أختيار العملية المناسبة على نوع الفضلات والملوثات الموجودة. وقد تتضمن عملية المعالجة على واحدة أو أكثر من العمليات الآتية :

١) المعالجة التمهيدية (Preliminary Treatment)

وتشمل الآتى :

أ ـ المصافى (Screening)

ب ـ فصل الرمال (Carit Removal)

جـ ـ التساوي (Flow Equalization)

د ـ التعادل (Neutralization)

٢ - المعالجات الابتدائية (Primary Treatment)

وتشمل الآتى :

أ ـ فصل الزيوت بالجاذبية (Gravity Oil Separation)

ب ـ الترسيب (Sedimentation)

جـ ـ الفصل بالكيماويات

(Sedimentation Using Chemical Addition)

د ـ الطفو الهوائى (Gas Flotation)

هـ ـ الطفو الهوائي بإضافة مواد كيميائية

(Gas Flotation with Chemical Addition)

و ـ الترشيح الرملى (Granular Media Filtration)

ز ـ الترشيح الغشائى (Ultra Filtration)

٣ـ المعالجات الثانوية (البيولوجية)

(Secondary or Biological Treatments)

وتشمل الآتي :

أ ـ الحمأة النشطة (Activated Sludge)

ب ـ المرشحات البيولوجية (Trickling Filters)

جـ ـ بحيرات الأكسدة (Lagoons "Stablization Ponds")

د ـ الفصل بالبخار (Steam Stripping)

هـ ـ الفصل بالمذيبات (Solvent Extraction)

٤ ـ المعالجات الثلاثية الإضافية (Tertiary Treatments)

وتشمل الآتي :

أ ـ الإدمصاص بالكربون النشط

(Granular Activated Carbon adsorption)

ب ـ الأكسدة الكميائية (Chemical Oxidation)

جـ ـ الفصل بالهواء (Air Stripping)

د ـ النيترة (Nitrifcation)

هـ ـ التبادل الأيوني (Ion Exchanger)

و ـ التناضج العكسي (Reverse Osmosis)

ز ـ الديلزة (Electrodialysis)

ح ـ الكلورة (التطهير (Chlorination)

وأن بعض هذه العمليات لا تختلف من حيث الأساس عن العلميات المستخدمة في تنقية المياه مثل عمليات الترشيح والترسيب والتعقيم غير أن فضلات بعض المصانع الكيميائية تحتاج إلي معالجات خاصة قبل تصريفها .

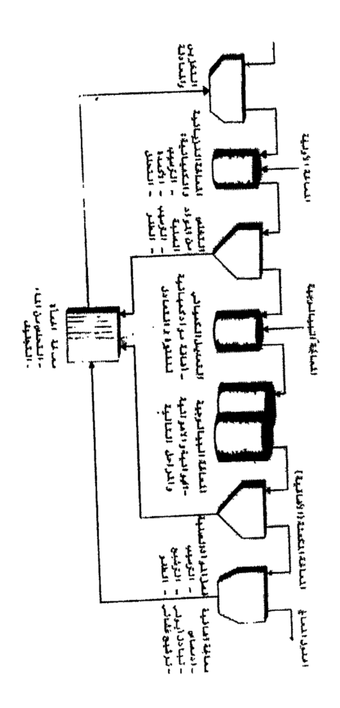
وتوجد أربع طرق أساسية لمعالجة المياه الملوثة بالفضلات الكيميائية الشديدة الخطورة وهى المعالجة الكمياوية (Chemical Treatment) والأكسدة الحرارية أو الحرق (Incineration) والخزن أو الدفن (Contaimment and Storage)والتصريف تحت السيطرة بالتخفيف .

ويقصد بالمعالجة الكيميائية تحويل بعض المواد الشديدة الخطورة بسبب قابليتها السمية أو الانفجارية إلى مركبات أقل خطورة باتباع طرق كيميائية مثل الأكسدة والاختزال والترسيب وغيره ذلك فمثلا يمكن أكسدة المركبات السامة جدا كالسيانيدات إلى مواد غير سامة كالنتروجين وثانى أوكسيد الكربون بالأكسدة وبالكلور في وسط قاعدى .

أما عمليات الترسيب فيقصد بها تحويل المواد الكيميائية السامة الذائبة إلى مواد غير ذائبة حيث يمكن فصلها عن الماء وتدفن تحت سطح الأرض كما هو الحال مع معظم الأملاح المعدنية الذائبة مثل الكبريتيدات والكربونات .

وتعالج بعض الفضلات الكيميائية بواسطة الأكسدة الحرارية إما بحرقها مباشرة إذا كانت قابلة للاشتعال وذا كانت غير قابلة للاشتعال فإنها تمزج مع بعض أنواع الوقود أو الفضلات الكيميائية الأخري القابلة للأشتعال وتحرق فى محارق خاصة معدة لهذا الغرض . أما بالنسبة إلي المواد الملوثة الشديدة الخطورة والتى لا يمكن التخلص منها بالطرق السابقة فيتم تركيز محاليلها بتبخيرها ثم تدفن هذه الفضلات الكيميائية والشديدة الخطورة فى مقابر خاصة فى مناطق غير مسكونة أو ترمى فى البحر داخل خزانات محكمة تمنع تسرب الفضلات منها وتكون هذه المقابر خاضعة للفحص المستمر لضمان عدم تسربها وتلوث البيئة بها .

والشكل (٣١) رسم توضيحى لخطوات معالجة الصرف الصناعى.



شكل (٣٤) رسم توضيحي لمراحل معالجة مخلفات الصرف السائلة

معالجة المخالفات السائلة

تحتوى المخلفات السائلة (كما سيق ذكره) على تركيز المواد العضوية القابلة للتحلل وأعداد كبيرة من البكتريا ومواد صلبة متنوعة ذائبة ، وتشمل معالجة المخلفات السائلة مراحل طبيعية وبيولوجية وكيميائية بهدف تحسين خواص المياه حتي يمكن التخلص منها أو إعادة استخدامها بدون أى أضرار صحية أو نفسية أو عقائدية ويجب أن تكون طريقة المعالجة وكفاءتها في حدودالمقاييس الآتية :

١ ـ نوعية المياه المناسبة لإعادة استعمالها في الاغراض المختلفة .

٢ ـ القضاء على أكبر نسبة من الجراثيم المسببة للأمراض ، وحجز أكبر نسبة من المواد العضوية والعالقة ، بحيث لا تتسبب المياه بعد معالجتها في انتشار الروائح الغير مرغوبة ، والتأثير علي عادات الناس وعقائدهم في حالة التخلص من المياه بعد معالجتها في المسطحات المائية ، خاصة في البلاد التي تنظر إلي مصادر المياه باحترام وقدسية والتي تستخدم المسطحات في أغراض حيوية .

٣ ـ التكاليف الإنشائية لأعمال المعالجة ، والعائد المنتظر من إستعمال المياه ، ومصاريف التشغيل لهذه الاعمال .

٤ ـ اختيار الموقع المناسب لوحدات المعالجة بحيث يكون الرفع أقل ما يمكن ، وتكون مساحة الموقع كافية لأي امتداد أو إضافات لمنشآتها في المستقبل

مراحل المعالجة

وتشمل مرحلتين أساسيتين :

ـ معالجة طبيعية

ـ معالجة بكتريولوجية .

وذلك بخلاف ما يمكن أن يضاف من معالجة كيميائية كمرحلة مساعدة أو إضافية لزيادة كفاءة المعالجة وتحسين خواص المياه المعالجة .

وتشمل المعالجة الطبيعية حجز المواد الطافية وترسيب المواد الرسوبية التي يمكن ترسيبها في أحواض حجز الرمال ، وأحواض الترسيب الابتدائى فى حدود أسس

التصميم ونوعيات المخلفات السائلة .

وتشمل المعالجة البيولوجية عمليات أكسدة هوائية وتجميع للمواد العضوية بواسطة البكتريا الهوائية ويتم ذلك في أحواض تهوية أو مرشحات بيولوجية . ويتم ترسيب المواد التى تم أكسدتها وتجميعها في أحواض ترسيب أخرى تلى الوحدات البيولوجية .

والمعالجة البيولوجية هى في جوهرها نشاط كيميائى تعمل فيه خلية البكتريا الصغيرة كمفاعل كيميائي يقوم بتحويل العناصر العضوية إلى مكونات غير عضوى ، وعلى سبيل المثال : -

كربون عضوى + أكسجين وبكتريا = ثانى أكسيد الكوبون

أيدروجين عضوى + أكسجين وبكتريا = نترات

كبريت عضوى + أكسجين وبكتريا = كبريتات

فوسفور عضوى + أكسجين وبكتريا = فوسفات

الأكسدة الهوائية (Aerobic Oxidation)

وفيها تستخدم البكتريا الهوائية الأكسجين الذائب فى المياه لأكسدة المواد العضوية ، وتحويلها إلي مواد غير عضوية وذلك لسد حاجتها من الطاقة اللازمة لحياتها وتكاثرها وتحتوى مياه المجارى المنزلية على العناصر اللازمة كغذاء للبكتريا ، أما المخلفات الصناعية فتعتمد محتوياتها علي نوعية الصناعية والمواد المستخدمة فيها .

نقص الأكسجين في المسطحات المائية

يصاحب نشاط الكائنات الحية الدقيقة في المسطحات المائية نقص فى الأكسجين الذائب ، ويكون نقص الأكسجين في مراحل متعاقبة متصلة هي : -

نقص مباشر وعاجل ، ثم نقص نتيجة أكسدة المواد الكربونية وبعد ذلك نقص نتيجة أكسدة المواد النتروجينية .

الأكسدة اللاهوائية (Anaerobic)

وفيها تستخدم البكتريا اللاهوائية الأكسجين الموجودة في بعض المركبات لتقوم بعملية أكسدة المواد العضوية ، وذلك في حالة عدم وجود أكسجين ذائب فى المياه . ومعدلات الأكسدة التى تقوم بها البكتريا الهوائية أسرع من أكسدة البكتريا اللاهوائية ولكنها تحتاج إلى أكسجين ذائب في المياه وعادة يبدأ التحلل اللاهوائى لمياه المجارى بعد بقائها في شبكات الصرف الصحى حوالى ٤ ساعات ، وعلي هذا الأساس وفى المدن الكبيرة التى تخدمها شبكات صرف صحى بها أطوال كبيرة من الخطوط ، تصل مياه الصرف الصحى إلى محطات المعالجة فى صورة متعفنة ، وقد تحتاج إلي عملية تهوية ابتدائية قبل عمليات المعالجة .

تحديد درجة المعالجة

تعتمد درجة المعالجة علي الخواص المطلوبة في المخلفات السائلة بعد معالجتها، وبعد ذلك على طريقة التخلص من هذه المياه أو إعادة استخدامها في الرى .

قياس درجة المعالجة

وتتم بعمل أختبارات طبيعية وكميائية وبيولوجية لمياه الصرف قبل معالجتها ، ثم عمل الاختبارات بعد كل مرحلة لمعرفة التغير في خواصها أو التحسن في خواصها خلال كل مرحلة ، ومن نتيجة هذه الاختبارات يمكن متابعة أعمال المعالجة.

الاختبارات التي تجري علي المخلفات السائلة

أ) الاختبارات طبيعية ، وتشمل

- درجة الحرارة .
- اللون .
- العكارة

ب) اختبارات كميائية وتشمل :

- المواد العالقة .
- المواد الصلبة الذائبة .

- المواد الصلبة الكلية (ذائبة + عالقة)
- تركيز النتروجين .
- الزيوت والدهون والشحوم .
- الأكسجين الذائب .
- الاكسجين الحيوى المستهلك (BOD)
- الأكسجين الكميائى المستهلك (COD).

جـ) اختبارات بكترولوجية وتشمل

العد الكلى البكتيرى ، وعدد بكتريا القولون وعدد أنواع معينة خاصة بظروف وبائية في حالة حدوثها . ونظرا للأعداد الكبيرة من البكتريا الموجودة في مياه المجارى ؛ فإن العد البكتيرى يكون مفيدا فى الحالات التى تستخدم فيها المياه المعالجة في الرى حتى يمكن تحديد المحاصيل التى يمكن زراعتها . وفى حالة صرف مياه المجاري في المسطحات المائية يكون العد البكتيرى مفيداً في تحديد خواص المسطحات المائية بعد التخلص من المجارى فيها .

بكتريا القولون (Coliforms)

بكتريا القولون(Coliforms) تعيش فى الامعاء وتحديد عددها في المياه يظهر مدى التلوث بمخلفات بشرية حديثة ، وهذا الاختبار لا يحدد عدد البكتريات المرضة ولكن يحدد فقط عدد بكتريات القولون التى يحتمل أن تصاحب وجود البكتريا المرضة ، كما أنه يعطى انطباعا أو احتمالا للإصابة بالامراض التى تعيش جراثيمها في المياه وعدد بكتريا القولون يستخدم كقياس للتلوث بمياه المجارى ، أما العد الكلى فيستخدم في محطات تنقية المياه للحكم على درجة التنقية .

البكتريا الدالة على نوعية المياه وجودتها

تحتوى مياه المجارى الخام على حوالى ٣٠ مليون خلية بكتريا فى كل لتر

وتمثل البكتريا الممرضة نسبة صغيرة جدا تصل إلى واحد فى المليون من العد الكل البكتيرى ويصل عدد الفيروسات إلى مائتى فيروس فى كل مليون من الخلايا البكتيرية .

وتموت البكتريا بمعدل أكبر من الانواع الاخرى عندما تكون خارج أمعاء الحيوان أو الانسان ويساعد تعرض هذه البكتريا لعمليات المعالجة وبقائها فترة من الوقت في المسطحات المائية إلى خفض عددها بنسبة كبيرة وكما سبق تنتشر بعض الأمراض عن طريق المياه في حالة تلوثها بمخلفات بشرية يحمل أصحابها هذه الامراض ، والوسائل الناقلة لهذه الأمراض تشمل أنواعاً من البكتريا والفيروسات والأوليات والديدان الطفيلية . والعوامل الأساسية في انتشار هذه الامراض هو تلوث المياه والأطعمة وعدم وجود وعى صحى عند العامة من الناس ، وانتشار الذباب والحشرات الأخرى . ومن الأمراض الشائعة التى تنتقل بهذه الطريقة ، الكوليرا ، حمى التيفويد ، والدوسنتاريا .

التحكم في الملوثات السامة

تسبب الملوثات السامة مشاكل كثيرة فى عمليات المعالجة ؛ فضلا عن آثارها الفتاكة على البيئة المائية ويزيد من مشاكل التحكم فى هذه المواد العوامل الآتية:ـ

١) تنوع المواد السامة وكثرتها .

٢) صعوبة الكشف عن الملوثات السامة وتحديدها .

٣) عدم توافر الخواص الكميائية لمركبات كثيرة من المواد السامة .

٤) صعوبة التنبؤ بنتيجة المؤثرات المحتملة لخليط من المواد السامة .

ولتداخل هذه العوامل يكون من الأفضل قياس التركيز السام الكلى بدلا من قياس تركيز كل مادة سامة علي حدة .

الأكسجين الحيوى المستهلك

(Biochemical Oxygen Demand "BOD"

يعتبر الأكسجين الحيوى المستهلك من أهم المقاييس التى تصمم على أساسها جميع محطات معالجة المخلفات السائلة ، وهى مؤشر دقيق لكفاءة عمليات المعالجة البيولوجية . ويجزأ هذا الاختبار إلى جزئين : ـ

أ) الأكسجين المستهلك في أكسدة المواد الكربونية (CBOD)

الأكسجين الحيوى المستهلك هو كمية الاكسجين التى تستهلكه الكائنات الحية الدقيقة فى الأكسدة الهوائية للمواد العضوية في عينة مخففة من مياه المجارى محفوظة عند درجة حرارة ٢٠ ْم لمدة خمسة أيام .

ويستخدم في تخفيف المخلفات السائلة مياه مقطره تحتوى على عناصر تحتاجها البكتريا فى نشاطها مثل ؛ محلول الفوسفات وكبريتات المغنسيوم ؛ وكلوريد الكالسيوم ، وكلوريد الحديديك ، وتتشبع المياه المقطرة بالاكسوجين الذائب بتهويتها لمدة مناسبة . وفى حالة المخلفات السائلة التى لا تحتوى على تركيز كافى من الكائنات الحية الدقيقة ، يضاف كمية من هذه الكائنات إلى مياه التخفيف.

ولإجراء التجربة يتم تخفيف عينة مياه المجارى عدة تخفيفات تناسب تركيز المواد العضوية لهذه المخلفات ، ويتم تحضير الزجاجات الخاصة بهذه التجربة بحيث تملأ ثلاثة زجاجات من كل تخفيف ، وذلك بوضع كمية محدودة من مياه المجارى في قارورة سعتها واحد لتر ، ثم يضاف لها مياه التخفيف حتى يصير حجم الخليط واحد لتر ، ويتم رج القارورة رجا جيداً ثم ثلاث من زجاجات القياس الخاصة بهذه التجربة وسعتها حوالى ٣٠٠ سم٣ .

ويتم تحديد نسبة مياه الصرف فى الخليط المخفف على أساس تركيز المواد العضوية فيها ، وعلي سبيل المثال تكون نسبة مياه المجارى فى التخفيف ١٪ إذا كان الأكسجين الحيوى المستهلك (٢٠٠ - ٦٠٠) جزء فى المليون ، وتكون نسبة ٢٪ إذا كان الأكسجين الحيوى المستهلك (١٠٠ـ ٣٥٠) جزء في المليون وهكذا.

ويفضل عمل ثلاث تخفيفات مختلفة على الاقل لكل عينة ويراعى أن تكون الزجاجات الخاصة بالقياس محكمة تماما بعد وضع العينات المخففة فيها . ولا يسمح إطلاقا بوجود فقاعات هواء في هذه الزجاجات حتى لا يؤثر ذلك في قيمة الأكسجين المستهلك . وتبدأ عملية القياس فى التجربة بقياس الأكسجين الذائب فى إحدى الثلاث زجاجات ، وتوضع الزجاجتان الباقيتان في حضانة درجة حرارتها ٢٠°م لمدة خمسة أيام من بدء التجربة .

وفي نهاية هذه المدة يتم قياس الأكسجين الذائب فى الزجاجتين ، ويكون الفرق بين الاكسجين الذائب فى العينة المخففة فى بداية التجربة وبين متوسط الأكسجين الذائب فى الزجاجتين التى تم حفظهما في حضانة لمدة خمسة أيام ، هذا الفرق يمثل الأكسجين المستهلك بواسطة الكائنات الحية الدقيقة خلال هذه المدة .

ويبدأ التفاعل بنشاط البكتريا الهوائية التى تؤكسد المواد العضوية بالاستعانة بالأكسجين الذائب فى المياه ، ومن نواتج هذا التفاعل ، ثانى أكسيدُ الكربون وأعداد كبيرة من الخلايا البكتيرية ، وبعد ذلك تبدأ مرحلة تفاعلات أخرى تقوم بها الأوليات بالتهام الخلايا البكتيرية واستهلاك الأكسجين الذائب فى المياه .

وتستمر التفاعلات الميكروبيولوجية فى اختبارات الأكسجين الحيوى المستهلك إذا استمرت التجربة لأكثر من خمسة أيام . ويبين الشكل قيمة الاكسوجين الحيوى المستهلك بالنسبة للوقت ومعدلات استهلاك المواد العضوية الكربونية والنتروجينية.

الاستهلاك المباشر العاجل للأكسجين الذائب

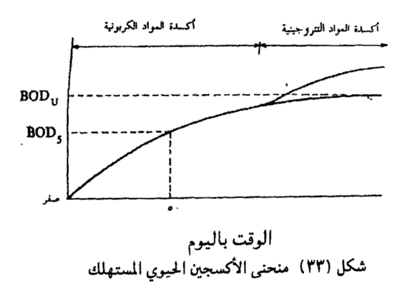
يحدث ذلك بتفاعلات سريعة بين أنواع معينة من الكيماويات والاكسجين الذائب في المياه . ويعتمد قيمة النقص فى الأكسجين علي كمية ونوعية المواد الكيماوية ، وعلى كمية الأكسجين اللازمة للتفاعل مع المواد الكيماوية . وهذا التفاعل كميائى بحت وليس له دخل بالنشاط البيولوجى ، ومعظم الكيماويات التى تتفاعل مع الأكسجين الذائب هى مركبات غير عضوية .

أكسدة المواد الكربونية

تنشط البكتريا الهوائية في أكسدة المواد العضوية الكربونية في وجود الأكسجين الذائب في المياه وينتج من هذا التفاعل ثانى أكسيد الكربون والماء . واستهلاك الأكسجين بواسطة البكتريا خلال خمسة أيام هو ما يرمز له بالاكسجين الحيوى المستهلك وتعتمد قيمته على عوامل كثيرة تشمل كميات المواد العضوية الكربونية . ونوعية وأعداد البكتريا في المياه ، ودرجة الحرارة ودرجة الحموضة ، ووجود النتروجين والفوسفور والعناصر الأخرى .

أكسدة المواد النتروجينية

فى ظروف بيئية مناسبة تتحول غالبية المواد العضوية النتروجينية إلي أمونيا ثم إلى نتريت ثم إلي نيترات وذلك بواسطة الكائنات الحية الدقيقة ، وقد يكون نشاط البكتريا فى أكسدة المواد النتروجينية بطيئا ويبدأ عادة بعد أكسدة المواد الكربونية ، ورغم أن أكسدة المواد النتروجينية لا تدخل ضمن الأكسجين الحيوى المستهلك في مدة خمسة أيام ، إلا أن الأكسچين المستهلك في أكسدة المواد النتروجينية فى مياه المجارى يصل الى ٢٠٠ مجم فى اللتر وهذه القيمة تقارب الاكسچين الحيوى المستهلك نتيجة أكسدة المواد الكربونية في مدة خمسة أيام .



الوقت باليوم

شكل (٣٣) منحنى الأكسجين الحيوي المستهلك

الأكسجين الحيوى المستهلك للمخلفات الصناعية

تحتاج المخلفات الصناعية التي تحتوى على مواد عضوية قابلة للتحلل إلي عناية خاصة عند إجراء هذه التجربة ، لأن بعضها يحتاج إلى عمليات معادلة ، كما أنها تحتاج إلي إضافة كميات من الكائنات الحية الدقيقة من مياه المجارى ، كما أن نسبة التخفيف يجب أن تكون كافية للتحكم في تأثير المواد السامة التى يحتمل وجودها في المخلفات الصناعية .

ويراعى أن تكون العينات المأخوذة لإجراء التجارب عليها ، ممثلة للمخلفات لأن العمليات الصناعية تختلف مع اختلاف طريقة التصنيع والمواد الكميائية التى تدخل فى الصناعة ، ومراحل العمليات المختلفة واستمرارية العمل على مدار اليوم الكامل .

وفي حالة وجود مواد سامة بالمخلفات الصناعية ، تحتاج العينة إلى معالجة معينة قبل إجراء التجربة ، وفى حالة تداخل المواد السامة فى نتائج التجربة ، تستبدل بتجربة الأكسجين الكميائى المستهلك .

وفي حالة إجراء تجارب الاكسجين الحيوى المستهلك على المخلفات الصناعية تحتاج غالبية هذه المخلفات إلي إضافة كميات مناسبة من الكائنات الحية الدقيقة من البكتريا والأوليات تناسب تحلل المكونات العضوية لهذه المخلفات . ويمكن الحصول على الكائنات الحية الدقيقة من كمية من مياه المجارى المنزلية تترك في إناء مكشوف لمدة حوالى يوم كامل فى درجة حرارة الغرفة ، ويؤخذ كمية من المياه من السطح العلوى من الإناء .

ويمكن تحضير الكائنات الحية الدقيقة من خلال نموذج معمل لوحدة حمأة منشطة يتم تغذيتها بخليط من مياه المجارى والمخلفات الصناعية . وتضاف مياه المجارى التى تحتوى الكائنات الحية الدقيقة إلي عينات التجارب بحيث يكون الاكسجين الحيوى المستهلك الناتج من هذه الإضافة مساويا (٥ - ١٠) من الاكسجين الحيوى المستهلك للعينة النهائية . وفى نهاية التجربة يمكن عمل تصحيح للزيادة الناتجة من إضافة كمية مياه المجارى التى تحتوى على الكائنات الحية الدقيقة .

وعند إجراء التجارب في مخلفات صناعية بها تركيز كبير من المواد العضوية ، يمكن عمل مجموعة تخفيفات متوالية حتى يمكن قياس عينات التجارب .

الأكسجين الكيميائى المستهلك

(Chemical Oxygen Demand "C.O.D"

يعتبر الأكسجين الكيميائي المستهلك مقيا سا للمواد العضوية بمياه المجارى التى يمكن أكسدتها ويتم عمل الاختبار لقياس الأكسجين الكميائى المستهلك باستخدام مادة مؤكسدة مثل كرومات أو برمنجنات البوتاسيوم ، بحيث يوضع خليط معروف الحجم من كل من مياه المجارى والمادة المؤكسدة ليتم تسخينه مدة كافية تتأكسد فيه المواد القابلة للتأكسد فى وجود حامض الكبريتيك .

ويتميز هذا الاختبار بأنه مقياس لجميع المواد القابلة للتأكسد سواء الممكن أكسدتها بالبكتريا أو يصعب أكسدتها بها ، ويمكن إجراء هذا الاختبار في حوالى ثلاث ساعات .

الفصل الثانى
المعالجات الاولية

وتنقسم هذه المعالجات إلي الآتى :

١) المصافى (Screens)

٢) أحواض حجز الرمال (Grit Chamber)

٣) التساوي والتعادل (Equalization and Neutralization)

٤) الترسيب الابتدائى (Plain Settling)

٥) الترسيب الكيميائى (Chemical Precipitation)

وفيما يلى سوف نتكلم عن كل عملية بالتفصيل

١ ـ المصافى (Screens)

وفى هذه العملية تمر المخلفات السائلة فى مصفاة بغرض حجز المواد الطافية* الكبيرة الحجم وذلك لحماية الطلمبات وصيانة للمواسير من الانسداد وكذلك منع تواجد المواد الطافية على سطح الأحواض بشكل يؤذى النظر . والمصافى المستعملة لهذا الغرض تتكون من قضبان حديدية متوازية تتراوح المسافة بين :

١/٤ بوصة ١/٢ بوصة مصافى متوسطة الفتحات .

١/٢ بوصة ٦ بوصة وتسمى مصافى كبيرة الفتحات .

وتوضع هذه القضبان بحيث تكون في مستوى واحد تعترض سير المخلفات السائلة فتحجز المواد الطافية التى تزيد عن سعة الفتحة ما بين القضبان أمامها كما في الشكل (٣٤) .

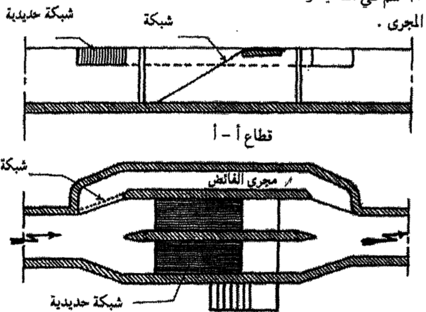
وأهم ما يراعى عند تصميم هذه المصافي هو :

١) القضبان إما دائرية أو مستطيلة المقطع وتتراوح ما بين ١/٢ بوصة و٣/٤ بوصة .

٢) زاوية ميل القضبان مع المستوى الأفقى ٣٠° - ٦٠° وذلك ليسهل تنظيفها إذ

أن المصافى الرأسية أو الأفقية تصعب تنظيفها كما أن ميل المصافى يساعد على تجميع الفضلات أمامها علي منسوب سطح الماء .

٣) يجب ألا تقل سرعة المياه في المجرى أمام المصفاه (Screen Chamder) عن ٦٠ سم في الثانية وذلك منعاً لاحتمال حدوث أى ترسيب للمواد العالقة في المجرى .



شكل (٣٤) بعض أنواع المصافى

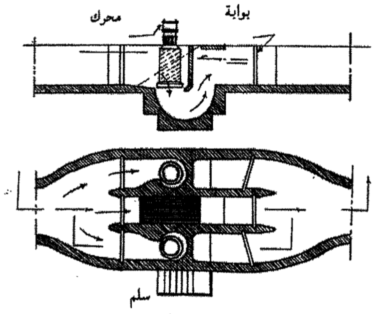
٢ ـ أحواض حجز الرمال (Grit Chambers)

أحواض حجز الرمال هي أحواض ترسيب الغرض منها ترسيب الرمال والمواد غير العضوية العالقة ، وذلك دون السماح للمواد العضوية بالترسيب والداعى لهذه التفرقة في ترسيب نوعي الرواسب هو اختلاف طرق التخلص كما أن اختلاط نوعي الرواسب يسبب متاعباً في عمليات المعالجة التى تتبع هذه الخطوة .

لهذا تصمم أحواض حجز الرمال ليرسب فيها المواد الغير عضوية التي يبلغ حجم حبيباتها ٢ر مم وأكثر . وتتكون أحواض حجز الرمال من قنوات متسعة نسبياً تمر فيها المخلفات السائلة مع التحكم الكافي لحفظ سرعتها عند السرعة التى تسمح

بترسب المواد الغير عضوية التي يبلغ قطرها ٢ر٠ مليمتراً فأكثر - وفي نفس الوقت لا تسمح بالمواد العضوية بالترسيب .

إلا أنه بالرغم من هذا الاحتياط فلقد وجد أن الرواسب في قاع حجرة حجز الرمال قد تحتوى علي حوالى ١٥ ٪ منها مواد عضوية .



شكل (٣٥) يبين الشكل الداخلي لحوض حجز الرمال

أسس تصميم أحواض حجز الرمال

١) السرعة الأفقية من ٢٥ إلى ٣٥ سنتيمتر / الثانية

٢) المدة للتي يمكثها الماء في الحوض حوالى دقيقة .

٣) طول الحوض حوالى ١٨ - ٢٠ متر .

٤) معدل التحميل السطحى ١٢٠٠ م٣ / م٢ / يوم
(Surface Load or Over Flow Rate)

التساوى والتعادل (Equalization and Neutralization)

التساوي (Equalization)

الغرض من عملية التساوى (Equalization) هو تجميع المخلفات ـ من المصادر المختلفة سواء من ناحية الحامضية أو القاعديةو وكذلك الاختلاف في المكونات العضوية ـ في أحواض خاصة حيث يتم تساوى المكونات المختلفة وتصبح ذات تركيز متساوى يسهل معالجتها في المراحل التالية خاصة عملية المعادلة بالأحماض أو القلويات .

التعادل (Neutralization)

الغرض من عملية التعادل هو معادلة المخلفات السائلة الصناعية سواء كانت حمضية أو قاعدية ـ بالمواد الكيميائية المناسبة قبل صرفها إلي المجارى العمومية أو إعادةاستخدامها . ويتم تحديد حامضية أو قاعدية المخلفات السائلة عن طريق قياس الأس الهيدروجنى للمحلول (pH) ـ فإذا كان الأس الهيدروجينى ٧ فهذا يعنى أن المحلول متعادل ثم يصبح حامضي إذا قل عن ٧. أما إذا زاد عن ٧ فإن المحلول يصبح قلوى حتى يصل إلي أعلي درجات القلوية عند ١٤ .

وضبط الأس الهيدروجينى من المراحل الهامة في معالجة الصرف الصناعى حيث أن المحاليل زائدة الحموضية غير مرغوب فيها وكذلك المحاليل زائدة القلوية.

ويستخدم في عمليات المعادلة العديد من المواد الكيميائية التى تختلف من حيث الكفاءة وكذلك من ناحية التكاليف . ولا تستخدم عملية ضبط الأس الهيدروجينى (pH) لمعادلة المحاليل لتصبح متعادلة فقط ولكن تستخدم عملية ضبط الأس الهيدروجينى ليكون المحلول حامضى بدرجة معينة أو قلوى بدرجة لتناسب الجو المناسب للمعالجة المطلوبة مثل تحميض المخلفات السائلة التى تحتوى علي مواد انتشار (Emulsifier)لفصل المواد الزيتية ثم إعادة معادلة المحلول .

معادلة المخلفات السائلة الحامضية (Neutralization of Acid Wastes)

المخلفات السائلة الحامضية تمثل جانب كبير من المخلفات الصناعية الكيميائية وكذلك الصناعات الكيميائية وكذلك صناعات تجهيز المعادن وإلى حد ما في الصناعات العضوية والأغذية . والمخلفات السائلة الحامضية غير المرغوب فيها - كما سبق ذكره - للصرف في القنوات المائية حيث أنها تقتل الأسماك والأحياء المائية . لذلك فإنه يلزم معادلتها قبل صرفها حيث أنها تسبب صدأ وتآكل حديد الخرسانة فى المنشآت ، كما تجعل الماء غير صالح للاستخدام وأن صرف هذه المخلفات إلي المجارى ـ خاصة عندما يكون الأس الهيدروجينى أقل من ٥ ـ يقلل من كفاءة عمليات تحلل المواد العضوية بواسطة البكتريا .

المواد المستخدمة في المعالجة (Neutralization Agent)

تسنخدم المواد القلوية لمعادلة المخلفات الصناعية ، ومن هذه المواد هيدروكسيد الصوديوم (Na OH) والصودا أش (كربونات الصوديوم ($Na_2\ CO_2$) وهما أكثر المواد القلوية استخداما في المعالجة . فكلاهما شديد الذوبان فى الماء ، لذلك ، فإن عملية التناول والتغذية تكون مناسبة وخاصة بالمعدات التى تعمل أوتوماتيكيا ، كما أن التفاعل مع الحامض يكون سريعا .

ويوجد أيضا أكاسيد الكالسيوم والمغنسيوم وهي أرخص إلي حد ما من القلويات الصوديومية ، ويتم تغذيتها إما على هيئة بودرة أو علي هيئة مستحلب. ولأن إذابتها محدودة ، فإنه يتم إضافتها إلي المحلول وتركها لفترة من الوقت مع التقليب حتى يتم التفاعل . وكثير من أملاح الكالسيوم الغير ذائبة تتساوى أثناء عملية المعادلة حيث تخلف جزيئات الجير الغير متفاعل وبالتالى توقف التفاعل قبل أن تستغل هذه المواد بالكامل . ونتيجة لعدم الإذابة فإنه يتكون حجم كبير من الحمأة التى تترسب وتحتاج إلى الترشيح والفصل . وفي بعض الأحيان يحجز هذه الحمأة المتكونة بعض المواد العضوية أو المستحلبة الموجودة فى المخلفات وفي هذه الحالة يقوم بدور مواد الترويب (Coagulant) بجانب عملها كمواد للمعادلة وأهم ميزة لاستخدام الجير عن القلويات الصوديومية هي تكلفتها المنخفضة وهو عامل هام فى كثير من المنشآت الصناعية.

معادلة المخلفات السائلة القلوية (Neutralization of Alkaline Wastes)

المخلفات السائلة القلوية تنتج من الكثير من الصناعات الكيميائية وكذلك في بعض الصناعات مثل صناعة الورق ، تجهيز النسيج ودباغة الجلود وتكرير البترول . والقلويات عندما تكون بكميات صغيرة فيتم معادلتها بتيار من الماء الطبيعي قليل الحامضية ، أما إذا كانت بتركيز عالى ، فإنها تكون أكثر خطورة عن المخلفات السائلة الحامضية . لذلك فإنها تحتاج معالجة قبل الصرف أو الاستخـدام .

المواد الكيميائية المستخدمة (Neutralizing agent)

لمعالجة القلويات بسرعة ولمعادلتها تماماً حتى أس هيدروجينى (pH) عند ٧ أو اقل قليلاً فإنه يستخدم عادة الأحماض المعدنية الأكثر ملاءمة لهذا الغرض . أما إذا كانت عملية المعالجة مطلوب أن لا تكون سريعة وعند أس هيدروجينى أعلى من ٧ فإن أرخص وأنسب الأحماض هو ثانى أكسيد الكربـون (CO_2)، والـذي يصبح حامض كربونيك (H_2CO_3)عند مروره في الماء . وثانى أكسيد الكربون يوجد في غازات الاحتراق ، ولا يحتاج أن يفصل في حالة خالصة أو نظيفة ، إذ لا يحتاج إلا أن يمر علي هيئة فقاعات غاز في المخلفات القلوية ، أو أن تمر الغازات في بـرج (عمود) (Tower) عكس تيـار من رذاذ المخلفـات القلويـة أو من خلال طبقات من وسط بـه مسام (Porous medium) حيث تتدفق المخلفات السائلة فوقه . هذه العمليات تحتاج إلي وحدة نفخ الغازات (blower)وذلك لرفع الغاز خلال المخلفات القلوية السائلة ولسحب تيار من الغازات من أفران الاحتراق حيث يوجد غاز ثاني أكسيد الكربون . وهذه الطريقة أرخص بطبيعة الحال من شراء الأحماض بصفة مستمرة .

أحواض الترسيب الابتدائي (Primary Settling Tanks)

والغرض من أحواض الترسيب الابتدائي هو ترسيب أكبر كمية من المواد العضوية العالقة في المخلفات السائلة ــ وهى لا تختلف كثيراً عن أحواض الترسيب ، وتعتمد على كثافة المواد العالقة . كثافة الماء ، لزوجة الماء ، شكل المواد العالقة ، حجم المواد العالقة ، سرعة جريان الماء في الحوض ، تركيز المواد العالقة ، مدة بقاء في الحوض ، طريقة تنظيف الحوض .

ويمكن تقسيم أحواض الترسيب إلي نوعين رئيسين :

١) أحواض ترسيب ذات تصرف رأسى .

٢) أحواض ترسيب ذات تصرف أفقى .

كما يمكن تقسيم الأحواض بالنسبة لطريقة التنظيف إلى :

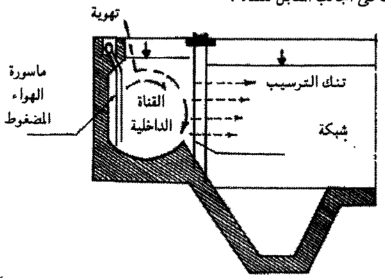
١) أحواض تنظف يدويا .

٢) أحواض تنظف هيدروليكياً .

٣) أحواض تنظف ميكانيكيا .

إلا أنه يلاحظ أنه يتجمع على سطح الماء في أحواض الترسيب للمخلفات السائلة مواد طافية (خبث). ولذلك يجب أن يعمل الترتيب اللازم لإزالة هذا الخبث وإخراجه من الحوض أسوة بالرواسب التى تتجمع في قاع الحوض .

وفى بعض علميات التنقية يتم توزيع المخلفات السائلة على الاحواض المختلفة عن طريق قناة ذات قاع علي شكل ربع دائرة تقريبا (شكل ٣٦) ومزودة بمواسير موزعة بكامل طول أحدجوانبها يخرج من هذه المواسير الهواء المضغوط مما يسبب سير المخلفات السائلة في القناة في حلقة حلزونية وتدخل المخلفات إلى الأحواض خلال فتحات فى الجانب المقابل للقناة .



شكل (٣٦) يبين إحدى أنواع توزيع لمخلفات علي شكل نصف دائرة تقريباً

أسس تصميم أحواض الترسيب الابتدائى :

١) مدة المكث

أ ـ أحواض ترسيب لا يعقبها معالجة نهائية للمخلفات : ٢ ـ ٤ ساعة .

ب ـ أحواض ترسيب يعقبها مرشحات الزلط : ٢ ـ ٥ر٢ ساعة .

جـ ـ أحواض ترسيب يعقبها أحواض ترسيب الرواسب : ٥ر١ ـ ٢ ساعة .

ويمكن الرجوع إلى هذه الانواع المختلفة فى كتاب الهندسة الصحية تأليف الأستاذ الدكتور أحمد فرج أو مبادىء فى الهندسة الصحية للدكتور محمد صادق العدوى .

الترسيب الكيميائى (Chemical Precipitation)

وتشبه عملية الترسيب الكيمياوى للمخلفات السائلة عملية الترسيب الكيماوى للمياه في إمداد المدن بالمياه فهى تشمل إضافة المرويات إلي المخلفات السائلة في جرعات مناسبة تحدد معمليا وتتراوح بين ٥٠ ، ١٥٠ جزء في المليون حسن نوع المادة المروبة ودرجة تركيز المواد العالقة ويتبع في إضافة المروبات إلى المخلفات السائلة ، الخطوات التالية :

١) المزج السريع : لمدة دقيقة في أحواض خاصة .

٢) المزج البطىء : لمدة تتروح من عشرين إلي ثلاثين دقيقة .

٣) الترويق : لمدة تتروح من ساعة ونصف إلى ساعتين .

ولمزيد من التفاصيل عن هذه الخطوات يمكن الرجوع إلي معالجة مياه الشرب بالترسيب الكميائى .

وحدة الترويق إنتاج شركة أوتر الإنجليزية (Otter Clarifier)

تعتبر شركة أوتر الإنجليزية من أكبر الشركات المتخصصة في مجال معالجة الصرف الصناعي باستخدام أحدث التكنولوجيا المتقدمة والمتطورة في هذا المجال. ومن أهم نشاطات هذه الشركة الأتى :

- معالجة ماء الصرف بالمواصفات المطلوبة لصرفها علي المجاري العمومية.
- معالجة ماء الصرف لإعادة استخدامه في العمليات الصناعية (Recycling)

- إعادة استخدام الطاقة الموجودة في ماء الصرف وإعادة استخدامها.

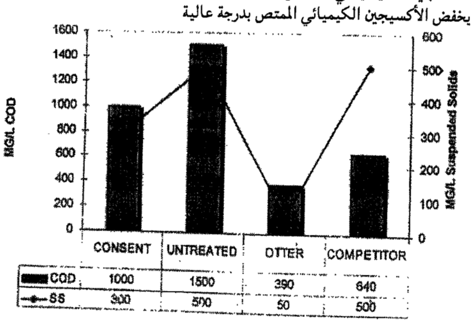
ويمثل شركة أوتر الإنجليزية في جمهورية مصر العربية «مكتب التوريدات صناعية والهندسية العامة (GIES)».

وتقدم شركة أوتر الإنجليزية -علي سبيل المثال- مروق أوتر (Otter Clarifier) وهذه الوحدة قد صممت لمعالجة كل أنواع وأحجام التصريفات المائية لمصانع الصباغة خاصة وجميع الاستخدامات الأخري عامة وبأي كميات للمواد العالقة.

فهو يستخدم في حالة فصل المواد اللزجة والمحاليل التي تحتوي علي مواد غير ذائبة مثل الزيوت أو خليط من الزيوت والمعلقات الأخري كما أنه لا يتأثر باختلاف درجة الحرارة أو الحجم.

ومروق أوتر يستخدم في مجالات متعددة وهي مجال التعدين والصناعات الغذائية وصناعة الحلوي والصناعات الجلدية وكذلك صناعات الصباغة والتجهيز وكذلك صناعة السيراميك والفخار.

ومن أهم المشاكل التي تواجه معالجة ماء الصرف هو التحكم في معدل الأكسجين الكيميائي المتص (COD). وقد أثبتت وحدة الترويق روتر بأنه يخفض الأكسجين الكيميائي المتص بدرجة عالية



	CONSENT	UNTREATED	OTTER	COMPETITOR
COD	1000	1500	390	640
SS	300	500	50	500

شكل (٣٧) يبين كفاءة وحدة شركة أوتير في خفض COD في مخلفات مصانع الصباغة بالنسبة للوحدات الأخري.

التهوية الابتدائية (Pre - aeration tanks)

تتم عملية التهوية الابتدائية للمخلفات السائلة في أحواض تهوية خاصة تسبق أحواض الترسيب الابتدائية ـ وهي تستعمل إذا كان تركيز المواد العضوية في المخلفات السائلة عالياً ـ والغرض من هذه التهوية هو إزالة الغازات الناتجة عن التحلل اللاهوائى الذى يكون قد حدث للمواد العضوية أثناء انتقال المخلفات السائلة في شبكات الصرف مدة طويلة وكذلك إكساب المخلفات السائلة بعض الأكسجين الذائب ـ مما يساعد على زيادة كفاءة خطوات المعالجة التالية لذلك يجب ألا تقل مدة المكث في هذه الأحواض عن عشرين دقيقة ويفضل أن تكون حوالي ثلاثين دقيقة ، وطرق التهوية هى كالآتى :

١) استعمال الهواء المضغوط الذى يخرج على شكل فقاقيع من فتحات فى شبكة مواسير في قاع الحوض .

٢) استعمال قلابات ميكانيكية تحدث اضطرابا في سطح الماء مما يجعل الهواء يتخلل جسم المخلفات السائلة .

أحواض حجز الزيوت (Grease removal Tanks)

يفضل في حالة تواجد كمية كبيرة من الزيوت والمواد الدهنية في المخلفات السائلة أن تفصل هذا المواد عن بقية المخلفات قبل معالجتها بالترسيب الابتدائى إذ أن تواجد مثل هذه المواد قد يعيق كفاءة الترسيب إذ تطفو علي سطح الحوض بما التصق عليها من مواد عالقة ، كما أن وجود الزيوت فى الماء الخارج من أحواض الترسيب يقلل من كفاءة عمليات المعالجة التي تعقب الترسيب سواء كان ذلك بتنشيط الحمأة أو الترشيح .

وتتم إزالة الزيوت في أحواض خاصة تتراوح مدة المكث فيها بين خمسة وخمسة عشر دقيقة ـ وفى قاع هذه الاحواض توجد شبكة مواسير مثقبة يخرج منها هواء مضغوط مما يساعد على تجميع حبيبات الزيوت مع بعضها وطفوها على سطح الماء فى الحوض . وكمية الهواء المطلوب في هذه الحالة حوالي نصف متر مكعب لكل متر مكعب من المخلفات السائلة .

كما أن إضافة الكلور إلي المخلفات السائلة بمعدل ٢ جزء في المليون تزيد من كفاءة عملية إزالة الزيوت ـ ويمكن إضافة الكلور على هيئة غاز مع الهواء المضغوط أو على هيئة محلول يضاف إلي المخلفات السائلة في مدخل الحوض .

الفصل الثالث

أعمال المعالجة النهائية بالمرشحات

FINAL TREATMENT WORK BY TRICKLING FILTERS

مقدمة

الغرض من أعمال المعالجة النهائية أو المعالجة الثانوية (Secondary Treat - ment) كما تسمى أحيانا هو تحليل المواد العضوية الدقيقة العالقة والتي لم ترسب في أحواض الترسيب الابتدائي وكذلك بعض المواد العضوية والذائبة إلي مواد ثابتة صعبة التحلل عن طريق تنشيط البكتريا الهوائية وغيرها من الكائنات الدقيقة التى تعتمد على الأكسجين في حيويتها . لذلك سميت هذ المعالجة بالمعالجة البيولوجية (Biological Treatment) نظراً لاعتمادها علي نشاط الكائنات الحية في تثبيت المواد العضوية .

وتشمل أعمال المعالجة البيولوجية للمخلفات السائلة على أحد الخطوات الآتية

١) حقول أو أحواض البكتريا (Contact Beds)

٢) مرشحات الزلط العادية (Standard Trickling Filters)

٣) مرشحات الزلط ذات المعدل العالى أو السريعة (High Rate Trickling Filters)

٤) الحمأة النشطة (Activated Sludge Treatment)

على أن المخلفات السائلة بعد معالجتها بأحد الطرق السابقة تمر فى أحواض الترسيب النهائية ليرسب فيهـ المواد العضوية العالقة التى تم تثبيتها .

٥) مرشحات الرمل .

٦) بحيرات الأكسدة .

ولما كانت هذه العلميات تعتمد على نشاط البكتريا ، فسوف تستعرض فيما يلى بعض المعلومات المتعلقة بالبكتريا ونشاطها .

نشاط الكائنات الحية الدقيقة في عمليات المعالجة الهوائية

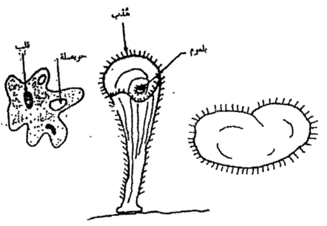
تتواجد الكائنات الحية الدقيقة بصورة طبيعية فى مياه المجارى ووجود المواد العضوية كغذاء لهذه الكائنات يجعلها في حالة نشاط وتكاثر مستمر . وتكون البكتريا هى أول هذه الكائنات استخداماً للمواد العضوية ، ويليها الاوليات التى تتغذى على البكتريا وبعض العناصر الأخرى ؛ ويستمر هذا النشاط في عمليتى الحمأة النشطة والمرشحات البيولوجية طالما كان بمياه المجارى فى وحدات المعالجة أكسجين ذائب ومواد عضوية تكفي لنشاط ونمو الكائنات الحية الدقيقة .

وتمثل البكتريا والأوليات عاملاً رئيسيا في المعالجة الثانوية للمخلفات السائلة . كما أن البكتريا والفيروسات والاوليات تتسبب في كثير من الأمراض الناتجة من أستعمال المياه الملوثة .

والبكتريا كائنات حية وحيدة الخلية أشكالها كروية أو مستقيمة أو سبحية ، وتتواجد منفردة أو فى مجموعات مختلفة الأشكال . وتتكاثر البكتريا بالانقسام الشطرى للخلية ، بمعنى أن كل خلية تنشطر إلي خليتين جديدتين تكبر كل واحدة منهما وتنشطر أيضا إلي خليتين في فترة تتراوح بين ١٥ ـ ٣٠ دقيقة في البيئة التى تتوافر فيها احتياجات البكتريا من الأكسجين والعناصر الغذائية . وتتراوح قطر خلية البكتريا بين (١ / ١٠٠٠٠) إلي (١ / ١٠٠٠) مم .

أما حجم الفيروسات فيتراوح بين (١/ ١٠٠٠٠٠) إلى (٣٠ / ١٠٠٠٠٠).

وبالنسبة للأوليات (البروتوزوا) فإنها تنشط فقط فى وجود أكسجين ذائب في المياه ، وتتغذى على البكتريا والمواد الناتجة من نشاطها ، وتوجد في البيئة الأكثر ثباتاً والتى يوجد فيها أكسجين ذائب في المياه ، وتقوم الأوليات بعمل توازن في وجود الكائنات الحية الدقيقة . وتوجد الأوليات بأشكال متنوعة ، منها ما هو مبين بالشكل . وتوجد الأوليات عموماً في عمليات الحمأة المنشطة ، والمرشحات البيولوجية وبحيرات الأكسدة ، والأوليات حيوانات مائية وحيدة الخلية تتكاثر بالأنقسام الشطري .



شكل (٣٨) يبين بعض أشكال الأوليات .

العوامل التي تؤثر في نمو الكائنات الحية الدقيقة

من أهم هذه العوامل :

درجة الحرارة

الأكسجين الذائب في المياه

الأس الهيدروجينى .

تركيز العناصر التي تتغذى عليها هذه الكائنات .

وجود مواد سامة لها تأثير على نشاط الكائنات الدقيقة .

كثافة أشعة الشمس والضوء بالنسبة للنباتات التى تقوم بعملية التخليق الضوئى .

ولكى تنمو وتتكاثر الكائنات الحية الدقيقة تحتاج إلي عناصر معينة فى المواد التى تستخدمها كغذاء ، أو فى البيئة المائية . وتختلف العناصر المطلوبة لنوعية معينة من الكائنات عن الكائنات الأخرى ، كما أن خصائص المسطحات المائية تكون مناسبة لنوعيات من الكائنات الحية . ولا تكون ملائمة للنوعيات الأخرى .

مثال على ذلك البكتريا المرضة التى تنشط وتتكاثر فى لاجسام البشرية ، ولا يستمر نشاطها ونموها فى المسطحات المائية إلا لفترات قصيرة .

ويمكن لنوع معين من الكائنات الحية الدقيقة أن يستخدم جزء من مركب عضوى معقد تاركاً ما تبقى لنوعية أخرى من الكائنات لاستخدامه أو تركه في المياه لأنواع من الكائنات تستطيع التغذية عليه . وتستمر هذه العمليات في صورة سلسلة ، فكل نوع يتغذى على ماهو مناسب له ، وقد يأخذ ما نتج من فصيلة ، ويعطى مانتج منه لفصيلة أخرى ، وهذا معناه أن كل فصيلة لها دورخاص بها فى بيئة تتوفر فيها العوامل الضرورية لنشاط ونمو الكائنات الحية الدقيقة .

كما أن البيئة الملائمة لنوعية من الكائنات الحية ليست هى العناصر الغذائية فقط ، لكن العوامل البيئية الأخرى لها تأثير مباشر أيضا ، فوجود كائنات حية أخرى مفترسة بالنسبة لفصائل معينة ، يكون له أثره في تكاثر هذه الفصائل ، كما أن الكائنات الحية المفترسة قد تكون هى نفسها ضحية وصيد ثمين لكائنات أخرى وهكذا . وعلى ذلك فإن النظام البيئى الموجود فى البحيرات والأنهار أمر غاية في التعقيد إذا ما حاولنا وضع فهم محدد للنشاط البيولوجى له .

تأثير الحرارة

يتضاعف النشاط البيولوجى عند زيادة درجة الحرارة من١٠ ـ ١٥ درجة مئوية ويقل هذا النشاط إلي النصف عند إنخفاض درجة الحرارة بنفس القيمة وذلك فى درجات الحرارة بين ٥ ـ ٣٥ درجة مئوية .

تأثير الأس الهيدروجيني

تؤثر قيمة الأس الهيدروجينى على عمليات المعالجة الهوائية ويكون نشاط الكائنات الحية الدقيقة أكبر ما يمكن عندما يكون الأس الهيدروجينى متساوياً ٧ أي عندما تكون المياه متعادلة بين القلوية والحموضة . وعموما يتم تشغيل عمليات المعالجة الهوائية في حدود للأس الهيدروجينى بين (٥ر٦ ـ ٥ر٨) فإذا زاد الأس الهيدروجينى عن هذه الحدود لا تستطيع البكتريا الهوائية القيام بنشاطها ؛ وإذا قل عن هذه الحدود ، فإن الفطريات يكون لها الإمكانية الأكبر من البكتريا في تحليل المواد العضوية .

١ - حقــــول البكـــــتريا
CONTACT BEDS

وحقول البكتريا هى أحواض ذات جدران وأرضية صماء مملوءة بالزلط وكسر الحجارة الصلبة ـ على أن يعلو طبقة الزلط شبكة من القنوات الخشبية أو الحديدية لملء الاحواض بالمخلفات السائلة ـ كما يزود قاع الحوض بشبكة من المواسير المفتوحة الوصلات أو المثقبة الجدران لتفريغ مما فيه من مخلفات سائلة علي فترات.

تشغيل حقول البكتريا

تشمل حقول البكتريا علي دورات متقطعة فيملاء الحوض بالمخلفات السائلة ببطء وعندما يمتلىء تترك المخلفات في الحوض مدة معينة ، ثم تفرغ محتويات الحوض ويبقى فارغاً مدة أخري وهكذا تتكرر الدورة على النمط التالي :

أ) مدة الملأ : ساعة .

ب) الحوض ممتلىء : من ساعة إلي ساعتين .

جـ) مدة التفريغ : ساعة .

د) الحوض الفارغ : من ثلاثة ساعات إلي أربعة ساعات .

أي أن دورة التشغيل تستغرق من ستة ساعات إلي ثمان ساعات

نظرية التشغيل

١) عندما يكون الحوض ممتلئا ترسب على جدران الزلط أو كسر الحجارة المواد العضوية الدقيقة العالقة في المياة .

٢) عندما يكون الحوض فارغا يتخلل الهواء مسام الزلط وتنشط البكتريا الموجودة فى المواد العضوية فتعمل علي تثبيت هذه المواد وهكذا تستمر العملية بتكرار تفريغ وملء الحوض .

٣) تستمر العملية على هذا المنوال إلا أنه بعد بضع دورات يخرج الماء من الحوض محتويا بعض المواد العالقة التى فقدت قدرة التصاقها بالزلط بعد أن تحولت إلى مواد غير عضوية ثابتة قل ضررها أو كاد ينعدم .

وهكذا يظهر أن أهم فترة فى دورة التشغيل هي تلك الفترة التى تنشط خلالها البكتريا في امتصاص الأكسجين من الهواء المتحلل لمسام الزلط لأكسدة المواد العضوية إلى مواد ثابتة عديمة الضرر تخرج على فترات متقطعة مع المياه الخارجة من الحوض .

ويستحسن إعطاء حوض البكتريا راحة يوما واحد أسبوعيا .

مواصفات أسس حقول البكتريا

١ - العمق : ٧٥ ـ ١٥٠ سنتيمترا

٢ - حجم الزلط : منتظم قدر الإمكان : ٥ ـ ١٠ سم .

٣ - كمية الزلط : تترواح كمية الزلط من ٥ر٢ م٣ إلي ٠ر٥م٣ لكل م ٣ من المخلفات السائلة

٤ - حجم الحوض : تقسم كمية الزلط المطلوبة علي عدد من الأحواض بحيث تتراوح مساحة حوضه من ١/٢إلى ٣/٤ فدان وعلي ألا يقل عدد الأحواض عن ثلاثة أو أربعة إلا أنه نظراً لارتفاع التكاليف الإنشائية وللتشغيل المتقطع لهذه الأحواض فقد استعيض عنها بالمرشحات الزلط العادى أو السريعة .

١ - مرشحات الزلط (البيولوچية)
Trickling filters

تتكون الوحدات من أحواض تنشأ عادة من الخرسانة المسلحة أو مبانى الطوب، وتكون دائرية أو مربعة أو مستطيلة حسب كمية المخلفات السائلة ومساحات الأرض المتوفرة ونوعية المعدات الميكانيكية التى يمكن الحصول عليها. وتملاء هذه الأحواض بالزلط أو كسر أو الحجارة بأحجام مناسبة وبعمق محدد (شكل ٤٠). وقد بدأ استخدام هذه الطريقة في عمليات المعالجة في عام ١٩١٠

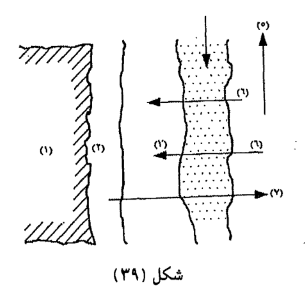
طريقة التشغيل

تعتمد طريقة التشغيل علي نوع المرشح، فبالنسبة للمرشحات المستطيلة، يتم توزيع مياة المجاري علي سطح المرشح بواسطة رشاشات مثبتة علي سطح المرشح، أما في النوع الدائري شكل (٤٠) فيتم توزيع المياة بواسطة مواسير مثقبة تدور بسرعة محددة أثناء دورانها تندفع المياة من الثقوب وتسقط علي سطح المرشح وتتخلل فجوات الزلط أو الحجارة فتتكون علي أسطح هذه المواد طبقة شبة هلامية بها أعداد كبيرة لكائنات الحية الدقيقة والمواد العضوية وتحتوي هذه الطبقات البيولوچية المتكونة بالمرشح علي البكتيريا والأوليات والفطريات والكائنات الأخري.

ويتركز النشاط الحيوى على هذه الطبقة التى تتكون على سطح الزلط مثلا وباستمرار مرور مياه المجارى علي هذه الأسطح يزداد سمك الطبقة البيولوجية ويكون الجزء الداخلى منها بعيدا عن نشاط البكتريا الهوائية وتكون الطبقة الملاصقة لسطح الزلط عرضه لنشاط البكتريا اللاهوائية وماينتج عنه من غازات مثل ثانى أكسيد الكربون تساعد مع المياه المتساقطة على غسيل الطبقات البيولوجية من علي أسطح الزلط ، ويساعد على ذلك بعض الكائنات الحية الدقيقة التى تضعف من تماسك الطبقات البيولوجية فتخرج مع المياه إلي أحواض الترسيب الثانوية وتكتسب مياه المجاري الأكسجين أثناء رشها على سطح المرشح بالاضافة إلي أن نشاط الكائنات لحية داخل المرشح ترفع درجة الحرارة بداخله فيخف كثافة الهواء فيأخذ مساراً من أسفل إلي أعلي ويحل محله هواء جديد وتستمر هذه العملية مع تشغيل المرشح عندما يزيد عمقه ويحتاج لمزيد من

التهوية . وفي الأجواء الحارة والدافئة يكون الفرق ضئيلا جداً بين درجة حرارة الجو، ودرجة الحرارة داخل المرشح وخاصة في الصيف ، ونتيجة لذلك تكون حركة الهواء داخل المرشح معدومة تقريبا ، وفي هذه الحالة يحتاج المرشح إلي طرق أخري للتهوية .

وأثناء التشغيل العادى للمرشحات يمكن أعتبار أن الأكسجين الذى ينتقل من الهواء لمياه المجارى والمتساقطة لا يزيد عن الأكسجين المستهلك بواسطة الطبقة البيولوجية المتكونة على سطح الزلط والعكس صحيح أيضا أي لايمكن أن يزيد الأكسجين المستهلك بواسطة البكتريا فى الطبقة المتكونة على أسطح الزلط عن الأكسجين الذى تأخذه مياه المجارى من الهواء الملامس لها فى فجوات الزلط .



شكل (٣٩)

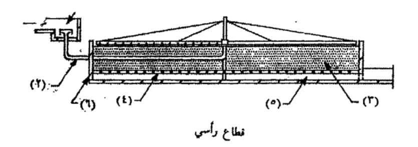
الانشطة التى تحدث في المرشحات البيولوجية

١ ـ مادة حشو المرشح ٢ ـ طبقة بيولوجية لا هوائية

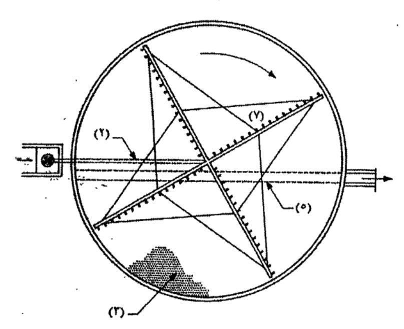
٣ ـ طبقة بيولوجية هوائية ٤ ـ قطرات مياه المجارى المتساقطة في المرشح

٥ ـ الهواء المتجه لأعلى ٦ ـ أكسجين ذائب في المياه للطبقة البيولوجية

٧ ـ ثانى أكسيد الكربون من الطبقة اللاهوائية



قطاع رأسي



مسقط أفقي

شكل (٤٠)

المرشحات البيولوجية

١ - غرفة إمداد المرشح بالمياه. ٢ - ماسورة تغذية المرشح

٣ - زلط أو كسر حجارة أو مواد أخري ٤ - قوالب مفرغة لتجميع المياة

٥ - قناة التجميع ٦ - فراغات التهوية

٧ - الأذرع الموزعة للمياة علي السطح

بتقدير أقصي معدل لانتقال الأكسچين من الهواء لمياه المجاري المتساقطة ، يمكن تحديد أقصى معدل لاستهلاك الأكسجين بواسطة الكائنات الحية الدقيقة وهذا يحدد أقصى تركيز الأكسجين الحيوى المستهلك في مياه المجارى BOD التي يمكن رشها على المرشحات ، ولهذا تعتمد نسبة المياه المعادة من أحواض الترسيب أو مخارج المرشحات إلى مدخل المرشحات ، وتعتمد على تركيز الـ BOD في مياه المجاري الخارجة من أحواض الترسيب الابتدائي ولهذا السبب أيضاً ترش مياة المجاري علي سطح المرشحات بصورة متقطعة .

كما أن الكائنات الحية في المياه المتساقطة خلال المرشح تستهلك أيضا بعض الأكسچين الذائب في مياه المجارى .

ويتم تشغيل المرشح بمعدل بطيء أو سريع حسب الطريقة المناسبة ، ويؤثر في كلنا الحالتين خواص مياه المجارى والمواد المستخدمة فى المرشح ويتحكم في أختيار المادة المناسبة عوامل كثيرة أهمها المساحة السطحية والفجوات بينها ، حيث أن المساحة السطحية تتكون عليها طبقة البكتريا الفعالة فى عملية الأكسدة ، والفجوات تساعد في عملية تهوية مياه المجارى . وتشغيل المرشح يتأثر بصورة مباشرة مع المساحة السطحية لمواد المرشح إذا افترضنا عدم سد الفجوات بين هذه المواد . ويمكن اختيار أحجام المواد التقليدية كالزلط وكسر الطوب بحيث تترواح بين ٤ ـ ١٢ سم ، توضع المواد الكبيرة بالقاع تعلوها المواد الصغيرة .

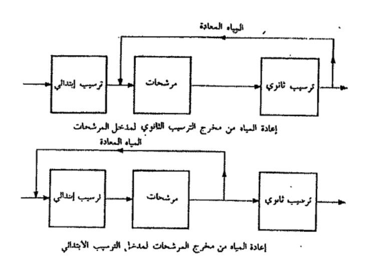
وعموما فالاتجاه السائد حالياً هو استبدال المواد التقليدية التى تستخدم فى المرشحات بمواد خفيفة الوزن ومساحتها السطحية كبيرة ، مثل البلاستيك ومشتقاته ، واستخدام هذه المواد يسمح بزيادة معادلات المرشح زيادة كبيرة تغطى زيادة التكاليف الناتجة من استعمال هذه المواد بتوفير مساحات الأرض وخفض وزن المواد التقليدية كالزلط وإنشاء مرشحات بعمق أكبر بدون أى مشاكل إنشائية . وتوجد أشكال كثيرة من هذه المواد منه الألواح المتعرجة والاسطوانية وأشكال أخرى تعطى أكبر مساحة ولا تعوق التهوية وتساعد علي تكوين القشرة البيولوجية على سطحها ويمكن وضع ألواح بلاستيك راسية بارتفاع يصل ١٢ متر وبمعدلات هيدروليكية كبيرة جداً .

ويتم تجميع المياه من قاع المرشح بمساعدة ميول سطح أرضية القاع في اتجاه

قناة تجميع طولية في منتصف المرشح ، وفى بعض المرشحات تستخدم قناة تجميع بمحيط الحوض بين حائطين خارجيين لاستقبال المياه من الطوب المفرغ بالقاع ، وهذه القناة الدائرية تكون أفضل في عملية التهوية المطلوبة للترشيح .

مرشحات ذو معدل عالي (High Rate Trickling Fi'ter)

تختلف المرشحات البيولوجية ذات المعدل العالي عن المرشحات العادية في معدلات الأحمال العضوية والهيدروليكية وطريقة التشغيل ، حيث يصل الحمل الهيدروليكى لأكثر من عشر أضعاف ، والحمل العضوى لحوالي خمسة أضعاف أحمال المرشحات العادية . ولتشغيل المرشحات بصورة عملية يتم إعادة نسبة كبيرة من المياه الخارجة من المرشحات أو أحواض الترسيب النهائى إلي مدخل أحواض الترسيب الابتدائى أو المرشحات . وتعتبر إعادة هذه المياه عامل أساسى في تشغيل المرشحات ، ويمكن إعادة هذه المياه بطرق كثيرة تعتمد علي خواص مياه المجارى ودرجة المعالجة المطلوبة وتكوين المرشح ، ومن هذه الطرق ما هو مبين بالرسم التخطيطى . وأحياناً تكون المرشحات البيولوجية مرحلتين بدلاً من مرحلة واحدة ، و،ذلك في الحالات التى تكون المخلفات السائلة بها نسبة عالية من المواد العضوية ، وتكون درجة المعالجة المطلوبة عالية نسبياً .



شكل (٤١) مرشحات ذو مستوى عالى

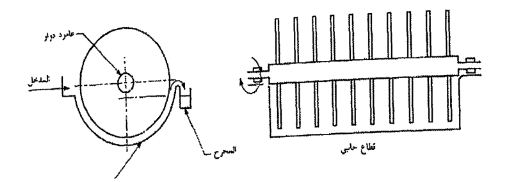
الاقـــــراص البيـولـوجيـــــة الـــــــدوارة
Rotating Biological Contactors

تتكون من أقراص دائرية خفيفة الوزن تدور بسرعة بطيئة مغمورة لمنتصفها تقريبا في حوض قاعة اسطوانى به مياه المجارى . وتصنع هذه الاقراص عادة من بعض أنواع البلاستيك وأثناء التشغيل تكون الأقراص مغمورة إلي أسفل عامود الدوران المثبت في مركز الأقراص بحيث ينغمر ٤٠٪ من مساحة سطحها في مياه المجارى أثناء الدوران . إلا أنه نتيجة لهذا الدوران فإن جميع أسطح الأقراص الدوارة تتكون عليها طبقة بيولوجية تقوم بعملية المعالجة مع غمر الأقراص في مياه المجارى ثم تعرضها للجو مبتلة بقطرات من المياه . وتساعد حركة الاقراص في نزع هذه الطبقة كلما يزيد سمكها .

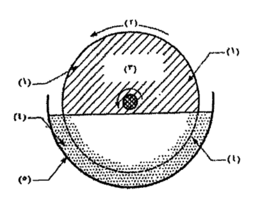
وتكون هذه الطبقة البيولوجية بسمك ١ ـ ٤ سم وتسقط الطبقة البيولوجية من على السطح كلمات زاد سمكها بدرجة تعتمد على سرعة الدوران . وتشبه الطبقة البيولوجية على أسطح الأقراص الدوارة تلك الطبقة التى تتكون في المرشحات البيولوجية على سطح الزلط أو مواد الحشو الأخرى ، ولكن الأقراص الدوارة قد تكون أكثر كفاءة نظراً لأنه عند دورانها يتعرض نسبة من سطحها للهواء الجوى فتكتسب قطرات المياه على سطحها بعضا من الأكسجين الجوى ثم تنغمس هذه الاسطح في مياه المجارى فتساعد على إتمام عملية الأكسدة .

ويبين شكل (٤٢) رسم تخطيطى لهذه الاقراص وتحتاج هذه الطريقة مثل باقى طرق المعالجة البيولوجية إلى أحواض ترسيب نهائى .

وتزيد التكاليف الأنشائية لهذه الطريقة بنسبة ٢٠ ٪ عن طريقة الحماة المنشطة إلا أن تكاليف التشغيل والصيانة أقل بالنسبة للأقراص الدوارة .



شكل (٤٢) الأقراص البيولوجية



قطاع توضيحي في الأقراص البيولوجية

شكل (٤٣) قطاع توضيحى فى الاقراص البيلوجية

١ ـ سطح الاقراص مغطاة بالكائنات الحية الدقيقة

٢ ـ إتجاه الدوران

٣ ـ المساحة المعرضة للتهوية فى الجو

٤ ـ المخلفات السائلة

٥ ـ حوض نصف إسطواني للمخلفات السائلة.

ويمكن الرجوع إلى كتاب هندسة الصرف الصحى للدكتور محمد صادق العدوي – كلية الهندسة – جامعة الأسكندرية.

٣ـ المعالجة النهائية بطريقة الحمأة المنشطة
ACTIVATED SLUDGE TREATEMENT

تتم معالجة المخالفات السائلة بطريقة الحمأة المنشطة بتهوية وتقليب هذه المخلفات بعد خلطها بنسبة معينة من الحمأة النشطة ـ وهي الرواسب التى تجمعت في حوض الترسيب النهائى ـ في أحواض خاصة تسمى أحواض التهوية (aeration tanks) وينتج عن ذلك امتصاص الخليط للأكسجين من الهواء واستعمال البكتريا الهوائية وكائنات دقيقة أخرى هذا الأكسجين في تثبيت المواد العضوية العالقة والذائبة وتحويلها إلي مواد غير قابلة للتحلل كما يؤدى التقليب المستمر للخليط إلي ترويب المواد العالقة الدقيقة (coagulation)أي تجميع هذه وتلاصقها في حبات أكبر (flocs) يسهل ترسيبها في حوض الترسيب النهائى.

ولابد لنجاح المعالجة بهذه الطريقة من إضافة الحمأة المنشطة السابق ترسيبها في حوض الترسيب النهائى ، نظراً لما تحتويه هذه الحمأة من الملايين من البكتريا الهوائية التى تكون مع غيرها من الكائنات الحية الدقيقة العامل الرئيسى لنجاح عملية التنقية ، وبذلك تختلف طريقة الحمأة المنشطة عن طريق المرشحات الزلطية العادية أو السريعة في الوسط الذى تعيش وتتكاثر فيه البكتريا التى هى أساس نجاح التنقية ، فبينما يتم تكاثر البكتريا في المرشحات الزلطية علي سطح الزلط ومن ثم تقوم بأكسدة المواد العضوية التي تلتصق بسطح الزلط أثناء تسرب المخلفات السائلة مسام المرشح، فإن هذه الطريقة يتم تكاثر البكتريا على سطح جسيمات الحمأة المعادة من أحواض الترسيب خلال مسام المرشح ، ويستمر نشاط هذه البكتريا وأكسدتها للمواد العضوية طالما استمرت التهوية و التقليب ، وبعد انتهاء فترة التهوية يمر الخليط بأحواض الترسيب النهائى حيث ترسب الحمأة ، ليعود بعض منها إلى حوض التهوية بينما يوجه الباقى لأحواض معالجة الحمأة ثم التخلص منها .

طرق التهوية (Method of aeration)

تتم التهوية فى أحواض خاصة يلتقى في مدخلها المياه الخارجة من حوض الترسيب الابتدائى مع الحمأة المعادة من حوض الترسيب النهائى ، لتبقى في الحوض فترة تتروح من أربعة إلى ثمانية ساعات تنشط فيها البكتريا الهوائية لتؤدى وظيفتها في أكسدة وتثبيت المواد العضوية .

وتتم عملية التهوية والتقليب بإحدى الطرق الثلاثة الآتية :

١ ـ التهوية بالهواء المضغوط (Compressed air)

٢ ـ التهوية الميكانيكية (Mechanical aeration)

٣ ـ التهوية بطرق مشتركة أى بالهواء المضغوط وميكانيكيا في نفس الوقت (Combined aeration)

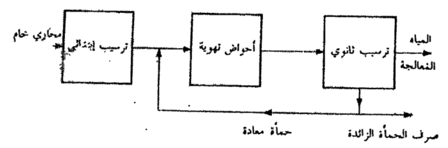
وفى أي من هذه الأحواض يجب أن تتوافر الشروط الآتية :

١ ـ توافر الاكسجين فى جميع أنحاء الحوض لتأكيد نشاط البكتريا الهوائية في أكسدة وتثبيت المواد العضوية وتحويلها إلي مواد ثابتة غير قابلة للتحلل بسهولة .

٢ ـ تقليب مستمر ينتج عنه ترويب المواد العالقة الدقيقة لتكون مواد أكبر حجماً يسهل ترسيبها في أحواض الترسيب النهائية .

٣ ـ تقليب بشدة كافية تمنع ترسيب المواد العالقة من الهبوط إلى قاع الحوض خوفا من تراكم هذه المواد الذى ينتج عنه تعارض مع استكمال عملية الأكسدة .

كما يمكن تقسيم المهمة التى يوديها حوض التهوية إلي ثلاثة مراحل :



شكل (٤٤) يبين وضع أحواض التهوية

١ ـ الترويق (Clarification)

وهى المرحلة الأولى ـ وتتميز بالتجاذب السريع بين حبيبات المواد العضوية ولا يشترط أن يسود الأكسجين فيها وتكفي مدة تترواح من ١٥ ـ ٤٥ دقيقة للحصول على نتائج حسنة فى هذا المجال .

٢ ـ الأكسدة (Oxidation or activation)

وهى المرحلة الثانية ـ وتتم الأكسدة بفعل القوى البيولوجية وتزويد البكتريا بكمية من الأكسجين لتنشيطها والاحتفاظ بها نشيطة باستمرار ـ وتبتدئ عملية الأكسدة بسرعة عالية ثم تأخذ في الابطاء قليلاً لمدة تتراوح من ساعتين إلى خمس ساعات ثم تأخذ سرعتها في الهبوط باستمرار .

٣ ـ التأزت (Nitrification)

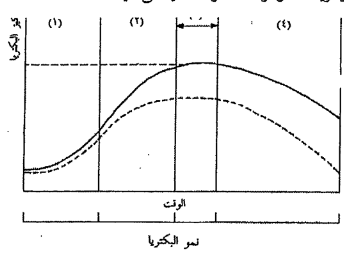
وهذه تبتدئ بانتهاء الخطوة الأولى (الترويق) وبعد أن بدأت عملية الأكسدة فى الحوض بفترة قصيرة وتستكمل هذه المرحلة بعد فترة تصل إلى ثمان ساعات أحيانا.

وفى عملية الحمأة المنشطة يساعد نشاط الأوليات في التخلص من الخلايا البكتيرية الميتة ونواتجها ، حيث تحتاج خلية البروتور إلي عدة آلاف من الخلايا البكتيرية فى تكاثرها لمرة واحدة وهذا يساعد الخلايا البكتيرية الجديدة على زيادة نشاطها فى أكسدة المواد العضوية ، ويحسن من الخواص الرسوبية للمواد العالقة في أحواض الترسيب الثانوية .

ويلزم المحافظة على إعداد أو تركيزات كافية من البكتريا في عمليات المعالجة الهوائية وهو عامل أساسى في كفاءة المعالجة، فإذا تم عمل تهوية مستمرة لمياه المجارى فقط ، فإنها قد تحتاج لمدة تصل لعدة أيام لتحصل على كفاءة لا تزيد عن ٧٥٪ في إزالة المواد العضوية ، مع أن أكسدة وتجميع المواد العضوية لا تحتاج إلا لعدة ساعات إذا كان بمياه المجارى التركيز الكافى من الخلايا البكتيرية والأكسجين الذائب ، ويمكن توفير هذه الظروف فى أحواض التهوية ، حيث تحتوى هذه الرواسب على أعداد كبيرة من البكتريا الهوائية تقوم بعملية أكسدة وتجميع

المواد العضوية في أحواض التهوية بصورة تساعد على ترسيب هذه المواد في أحواض الترسيب الثانوية .

ويبين شكل (٤٥) خصائص النمو للبكتريا عموماً حينما يوضع تركيز صغير من البكتريا فى سائل به مواد عضوية ، فتبدأ البكتيريا بعد وقت قصير في التكاثر بطريقة الانشطار التى تزيد من الخلايا البكتيرية بمعدل متزايد يعتمد على تركيز العناصر الغذائية فى المياه ، فالجزء رقم (١) في المنحنى يكون معدل النمو متزايداً وسريعاً لتوافر العناصر الغذائية فى المياه .



شكل (٤٥) نمو البكتريا

وعندما يقل تركيز المواد العضوية بالنسبة لعدد البكتريا المتزايد ، يبدأ معدل النمو في الانخفاض في المرحلة رقم (٢) ليصل إلي تركيز ثابت في المرحلة رقم (٣) ، والتى تكون فيها العناصر الغذائية غير كافية ، ويظل عدد الخلايا البكتيرية الحية شبه ثابت تقريبا ، وفى المرحلة رقم (٤) يقل تركيز كل من الخلايا البكتيرية الحية والميتة ويحدد تركيز البكتريا الحية ومعدل تناقصها .

وعملية الحمأة المنشطة أكثر كفاءة من المرشحات البيولوجية ولكنها تحتاج إلي مهارة فى التشغيل بواسطة الفنين على اختلاف مستوياتهم ، ولذلك فمتابعة تشغيل هذه الطريقة له أهمية خاصة مهما كانت وحداتها مصممة ومنفذة بدرجة فنية عالية ، ومن أهم العوامل التى يجب أن يتبعها قسم التشغيل بمحطة

المعالجة:

١ ـ التغيير فى معدل تصرفات مياه المجارى التى تدخل محطة المعالجة .

٢ ـ التغيير فى معدل تركيزات المواد العضوية ومكونات مياه المجارى الأخرى.

٣ ـ تركيز المواد العالقة بأحواض التهوية ونسبة المواد المتطايرة بها .

٤ ـ نسبة الرواسب المعادة وتركيز المواه العالقة بها .

٥ ـ تركيز الأكسجين الذائب فى أحواض التهوية .

٦ ـ كفاءة التقليب فى أحواض التهوية .

والعامل الأخير له أهمية أساسية لعدة أسباب :

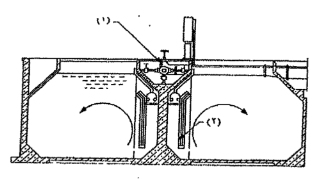
أ ـ يساعد على إمداد مياه المجارى في أحواض التهوية بالاكسجين الذائب ويساعد على خلط هذا الأكسجين فى محتويات الأحواض .

ب ـ يساعد التقليب على استمرار التلامس بين الكائنات الحية الدقيقة ، وكل من الأكسجين الذائب والمواد العضوية ويجعل مكونات الحوض متجانسة .

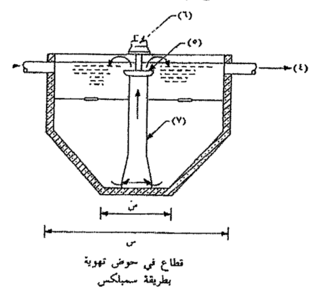
جـ ـ يمنع المواد العالقة من الترسيب في قاع الحوض ويجعل مكونات الحوض فى صورة تقليب مستمر .

وتعتبر هذه الطريقة من الناحية البيولوجية ، فعالة ونشطة لأن الكائنات الحية الدقيقة سواء بمفردها أو في المواد العالقة تظل في حالة حركة ، وتقليب ويساعد ذلك على تجديد مكونات المياه حولها ، وبالتالى يتوفر الأكسجين الذائب والمواد العضوية لخلايا البكتريا بصفة مستمرة ، وتتم عملية التقليب والتهوية ، باستخدام الهواء المضغوط أو بأي طريقة ميكانيكية تؤدى نفس الغرض .

ويبين شكل (٤٦) أنواع مختلفة من أحواض التهوية بالهواء المضغوط ، وبعض الطرق الميكانيكية وقد أدخلت تعديلات كثيرة على تشغيل هذه الطريقة لتحسين كفاءتها والتحكم فى بعض مشاكلها .



قطاع في أحواض تهوية بالهواء المضغوط



قطاع في حوض تهوية
بطريقة سمبلكس

شكل (٤٦)

١ ـ ماسورة الهواء المضغوط الرئيسية
٢ ـ موزعات الهواء فى الاحواض
٣ ـ المدخل
٤ ـ المخرج
٥ ـ مروحة مخروطية
٦ ـ عامود أو محرك التشغيل
٧ ـ ماسورة السحب .

ويوضح شكل (٤٦) الطرق الشائعة فى عملية التهوية ، إما بالهواء

المضغوط باستخدام ناشرات هواء أو موزعات هواء ، أو بالطرق المكانيكية ومن أفضلها طريقة سمبلكس ، وتعتمد هذه الطريقة علي شفط المياه خلال ماسورة رأسية ورشها على السطح وخلال عملية رش المياه وتقليبها فى الحوض تتم عملية إمداد المياه بالأكسجين الذائب وتهيئة البيئة المناسبة للكائنات الحية الدقيقة لتقوم بعملها ، ولا تختلف أسس التصميم في هذه الحالة عن طريقة التهوية بالهواء المضغوط إلا فى مقاييس الأحواض ويمكن الرجوع إلى هذا الموضوع بالتفصيل فى كتاب الهندسة الصحية للأستاذ الدكتور محمد أحمد على فرج أو كتاب مبادىء فى الهندسة الصحية للدكتور محمد صادق العدوى .

عملية التهوية والمزج

تعتمد عملية امتصاص المياه للأكسجين الذائب فى الهواء المضغوط على العوامل الآتية :

١ ـ المساحة السطحية لفقاعات الهواء الخارجة من فتحات التهوية .

٢ ـ تركيز الأكسجين الذائب في المياه المحيطة بفقاعات الهواء .

٣ ـ فترة التلامس بين فقاعات الهواء والمياه .

وتعتمد المساحة السطحية لفقاعات الهواء على الثقوب التى يخرج منها الهواء ولكن فى حالة الثقوب الكبيرة فإن الفقاعات التى تخرج منها يمكن أن تنشطر إلي فقاعات أصغر أثناء حركتها لأعلى واحتكاكها بالمياه فيزيد ذلك من مساحتها السطحية الكلية ، ولكن معدل أو طبيعية انشطار فقاعات الهواء الكبيرة وكذلك درجة التقليب هى التى تحدد مدي الاستفادة من عملية التهوية .

أهمية النتروجين والفسفور في عملية الحمأة المنشطة العادية

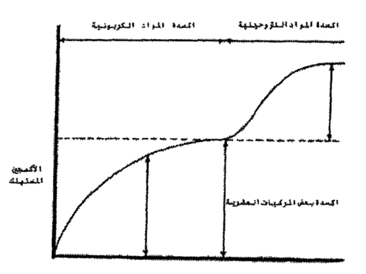
تحتاج عملية المعالجة البيولوجية إلى وجود عناصر مثل النتروجين والفسفور فى المخلفات السائلة ، وهذه العناصر موجودة أصلاً فى مياه المجارى المنزلية بتركيزات كافية ، إلا أن مخلفات صناعية كثيرة لا تحتوى على هذه المواد .

ويفضل لتشغيل هذه الطريقة بكفاءة ألا تقل نسبة النتروجين والفسفور إلى الأكسجين الحيوي المستهلك المطلوب إزالته عن ١ : ٢٠ بالنسبة للنتروجين ،

١ : ١٠٠ بالنسبة للفسفور .

الأكسجين المطلوب لتثبيت النتروجين (Nitrification)

تبدأ أكسدة المواد النتروجينية عادة بعد أكسدة المواد الكربونية كما يبين شكل (٤٧) بمعدل أبطأ . وتحتاج أكسدة المواد النتروجينية إلى أكسجين ذائب، مما يضيف حملاً إضافيا إلى عملية التنقية أو المسطحات المائية التى تصرف فيها المياه المعالجة ويجب أخذ هذه الحقيقة فى الاعتبار عند تصميم عمليات المعالجة .



شكل (٤٧) الأكسجين المستهلك فى أكسدة المواد الكربونية والنتروجينية

وفى الوحدات الإنتاجية يلزم التأكد من أكسدة النيتريت إلى نيترات

$$NO_2 + O_2 \text{ ----------->} \ NO_3$$

لأن الأكسجين اللازم لهذا التحويل يحتاج إلى كميات كبيرة من الاكسجين التى سوف تؤثر على كميات الأكسجين التى تحتاجها البكتيريا تثبيت المواد العضويــــة .

الفصل الرابع
العمليات الإضافية

وتشمل هذه العمليات الآتية :

١ ـ الاستخلاص الهوائى

٢ ـ الادمصاص بالكربون

٣ ـ المعالجة باستخلاص البخار

٤ ـ الأكسدة الكيميائية

٥ ـ التناضح العكسى

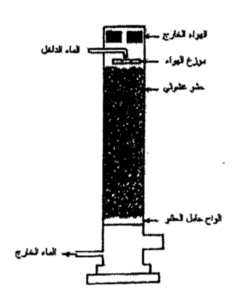
٦ ـ الديلزة الكهربائية

١ - الاستخلاص الهوائى (Air Stripping)

عملية استخلاص المواد المتطايرة بالهواء هى طريقة انتقال للمادة القابلة للتطاير من الماء عن طريق إمرار تيار من الهواء خلال الماء لتحسين الانتقال بين الوسط الهوائى والمائى .

وطريقة الاستخلاص بالهواء هى إحدي الطرق الأكثر شيوعاً لعلاج المياه الجوفية الملوثة بمركبات متطايرة مثل المذيبات .

والطريقة تعتبر مثالية للتركيزات المنخفضة (أقل من ٢٠٠ ملجرام / لتر) وطريقة الاستخلاص بالهواء يمكن أن تتم باستخدام أبراج (Towers) أو نظم الرش (Spray system) أو تهوية بالنفاذ (Diffused aeration) أو تهوية ميكانيكية ، والابراج تستخدم عموماً لبعض الاستخدامات الخاصة لمعالجة المياه الجوفية ، والشكل (٤٨) يبين إحدى هذه الابراج المشحونة (Packed Tower)وتوجد هناك أنواع أخري من نظم الاستخلاص بالهواء .



شكل (٤٨) شكل عمود الاستخلاص الهوائى

والطريقة تتكون من تيار معاكس من الماء والهواء خلال المادة الحاشية (Packėd material) ومادة الحشو تتيح مساحة أسطح كبيرة للمركبات المتطايرة للتحول من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية .

وكما في الشكل فإن تيار الماء الملوث يتم دفعه من أعلى ويتم توزيعه بانتظام فوق مادة الحشو بينما تيار الهواء يتم دفعه من أسفل إلى أعلى العمود ، ومواد الحشو المستخدمة تتكون من أشكال من البلاستيك التى لها نسبة مساحة سطحية إلي الحجم عالية والذي يتيح السطح اللازم لتحويل المركبات المتطايرة لتتحول من تيار السائل إلى تيار الهواء ويخرج الهواء من أعلي العمود ، وتيار الماء من أسفل.

٢-الادمصاص بالكربون (Carbon Adsorption)

الادمصاص هى عملية يتم فيها فصل الملوثات من الماء عن طريق التماس مع سطح صلب ، ومواد الادمصاص (التى يتم على سطحها ترسيب الملوثات) والتى تستخدم بكثرة في مجال البيئة هو الكربون (Carbon)لما يتميز به من مساحة الأسطح الكبيرة بالنسبة لوحدة الوزن وذلك بعد تجهيزه وإعداده بالشكل المناسب (الكربون النشط) .

وعن طريق الدراسات المكثفة أمكن الحصول على نوعيات مختلفة من الكربون ذات درجات مختلفة من الادمصاص ، والكربون النشط يوجد إما على هيئة حبيبات (Granular) أو على هيئة بودرة. والكربون على هيئة حبيبات هو الأكثر استخداما في إزالة مجال كبير من المركبات العضوية السامة من المخلفات السائلة والمياه الجوفية، أما الكربون البودرة فإنه عادة يستخدم في نظم المعالجات البيولوجية.

وتتم هذه العمليات عن طريق أستخدام جهاز للتلامس (Contactor) كما فى الشكل (٤٩) وهو عبارة عن عمود خارجى به ألواح من البلانيم (Planum) يوجد بينها حبيبات الكربون النشط ، يتم تغذية العمود بالماء الملوث من أعلى العمود ويخرج الماء المعالج من أسفل العمود خلال فتحة تصريف.

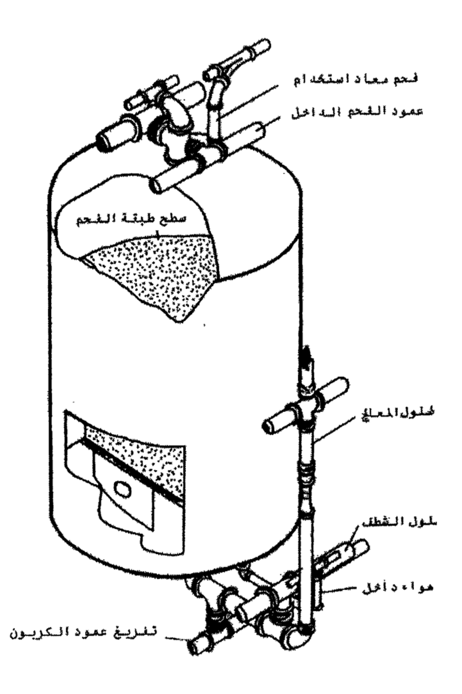
والعمود مجهز بنظام لغسيل الكربون النشط بعد الاستخدام أو لتنشيطه وكذلك إضافة كربون نشط جديد .

وهذه العملية مستمرة حيث تتكون من عدة وحدات متصلة كما في الشكل (٥٠) ، وهناك أيضا نظم مختلفة لهذه العملية حيث يمكن دفع المحلول الملوث من أسفل إلى أعلى ، وفى هذه العملية تكون الأعمدة متصلة على التوازى كما فى الشكل (٥٠ب) ، بينما فى الأعمدة ذات الدفع من أعلى ، فإن الاتصال يكون على التوالى وهناك أيضا نظام الطبقات المتحركة ، حيث يتم تحريك المحلول بنظام التيار المعاكس (Counter Flow) ويتم إضافة الكربون النشط الجديد من أعلى ويتم إزالة الكربون المستعمل فى أسفل كما فى الشكل (٥٠ب) والماء الملوث يتم دفعه من أسفل وخروجه من أعلي .

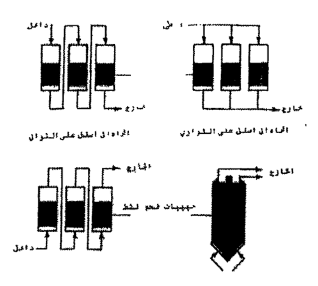
ونظام المعالجة بالادمصاص باستخدام الكربون النشط هو تكنيك متطور قادر على إزالة مجال واسع من المركبات العضوية الذاتية وكذلك قادر علي انتاج نوعية من الماء المعالج علي درجة من الجودة والتي يمكن أن تستعمل للشرب .

وفي كل النظم السابقة تستخدم حبيبات الكربون (Granular) (activated Carbon) وهناك عوامل تؤثر علي عملية الادمصاص بالكربون يمكن تلخيصها كما في الجدول المرفق.

العامل المؤثر	التأثير الناتج
الإذابة	المواد الأقل إذابة تدمص أكثر من المواد الأكثر إذابة
التركيب الكيميائي	السلسلة المتشعبة (branched chain) الأكثر أدمصاصاً من السلاسل الطويلة.
الوزن الجزئي	الجزئيات الكبيرة أكثر أدمصاصاً من الجزئيات الصغيرة.
القطبية	الأقل قطبية (المركبات العضوية / ضعيفة التأين) تدمص بسهولة عن الأكثر قطبية (الأكثر تأين)
درجة التشبع (للمركبات العضوية)	المركبات العضوية / الغير مشبعة (التي تحتوي علي أكثر من رابطة ثنائية أو ثلاثية تدمص أكثر سهولة من المركبات المشبعة) (saturated)



شكل (٤٩) رسم توضيحي لوحدة المعالجة بالادمصاص



شكل (٥٠) يبين نظم الادمصاص بالكربون النشط

حيث أن : الشكل (٥٠ أ) يكون الاتصال على التوالي

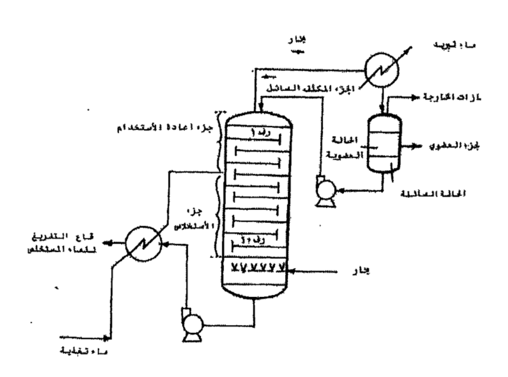
(٥٠ب) يكون الاتصال علي التوازي

(٥٠جـ) يكون الدفع من أسفل علي التوالي

(٥٠د) يتكون العمود من نظام الطبقات المتحركة

٣ـ المعالجة بالاستخلاص بالبخار
(Steam Stripping)

تستخدم طريقة الاستخلاص بالبخار لإزالة المواد المتطايرة أو النصف متطايرة من المياه الأرضية أو مياه الصرف الصناعى ، وهذه الطريقة قادرة على خفض المركبات العضوية المتطايرة الموجودة فى الماء إلى أقل تركيز ممكن ، والشكل (٥١) رسم توضيحى يبين طريقة الاستخلاص بالبخار عند الضغط الجوى .



شكل (٥١) لنظام الاستخلاص بالبخار

ففى هذا الشكل نجد أن الجزء السفلى من عمود الاستخلاص يعرف بجزء الاستخلاص (Stripping Section) أما الجزء العلوى من العمود ، أعلى نقطة التغذية - فيعرف بجزء التنقية (Rectifying section)، وفى هذا الجزء يتم تركيز المواد العضوية في البخار - إلى النقطة التى ينفصل عندها المادة العضوية في وحدة الفصل (Decanter)، وفى وحدة الاستخلاص ، يتم تسخين الماء الملوث المغذى للوحدة إلى قرب الغليان باستخدام وحدة مبادل حراري Heat) exchanger) باستخدام الماء الخارج من عملية الاستخلاص من أسفل العمود ، وماء التغذية المطلوب معالجته يدخل العمود ويمر إلي أسفل خلال منطقة الاستخلاص ويمر البخار في اتجاه معاكس إلي أعلى ويعمل عند درجة حرارة أعلى قليلاً من درجة حرارة الغليان للماء وتحت ضغط واحد جوى وعادة تكون درجة الحرارة من ١٢٠ ° م إلى ١٠٥ ° م ويكون الفرق في الحرارة من أعلى إلى أسفل العمود في حدود عدة درجات مئوية .

وعند درجات الحرارة العالية داخل العمود ، فإن المركبات العضوية الموجودة في الماء تتبخر وينتج عنها ضغط بخار أعلى عنه فى درجات الحرارة المنخفضة ، ومن ثم تتحول من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية مكونة غازات تتصاعد إلى أعلى العمود مع البخار ليخرج من قمة العمود حيث تتكثف المواد العضوية وتتحول من الحالة الغازية إلي الحالة السائلة في المكثف لينفصل إلى طبقتين إحداهما المواد العضوية ، وهذه الطبقة إما أن تكون العليا أو السفلى تبعاً لكثافة هذه المادة ، حيث تتم فصلها ، أما الطبقة السائلة فيتم تغذيتها مرة أخرى من قمة العمود ، حيث يكون هذا السائل مشبعاً بالمادة العضوية ، حيث أن تركيز المادة العضوية في هذه الطبقة يكون فى حالة تعادل مع السائل العضوى في وحدة الفصل .

وهناك طريقة أخرى للاستخلاص ولكن تعمل تحت ضغط منخفض ، حيث تشابه تماماً الوحدة التى تعمل عند الضغط الجوى إلا أنه نتيجة الضغط المنخفض فإنها تعمل عند درجات حرارة أقل فى حدود ٦٠° إلى ٨٢° م .

٤ـ الأكســــــــــدة الكيميــــائيـــة
(CHEMICAL OXIDATION)

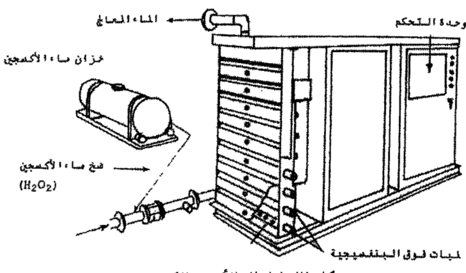
الغرض من هذه العملية ـ الأكسدة الكيميائية ـ هو أكسدة المواد السامة في ماء الصرف الصناعى بإضافة مادة مؤكسدة إلي مركبات، الفضلات السامة في محاليل الصرف والقابلة للتغيير كيميائيا .

فعلى سبيل المثال ، يمكن معالجة جزيء من هذه المواد بمادة أكسدة مناسبة ، فيتحول إما إلي ثانى أكسيد الكربون والماء أو مركب وسيط أقل سمية أو أن يكون قابل للتحليل بيولوجيا في المراحل الثالثة .

ومعالجة ماء الصرف الصناعى بالأكسدة الكيميائية هى تكنولوچيا مدروسة جيدا وقادرة على تدمير مجال واسع من الجزيئات العضوية القابلة للتبخر والفينول وكذلك بعض المركبات الغير عضوية مثل السيانيد (Cyanide) .

وفى هذا الجزء سوف يتم التركيز على المؤكسدات التى تستخدم للمواد السامة وهـــي الأوزون (Ozone) وماء الأكسجين (Hydrogen Peroxide $H_2 O_2$) والكلور (Chlorine) والأشعة الفوق بنفسجية (Ultarviolet UV) التى تستخدم عادة إما مع الآوزون أو ماء الأكسجين .

وتتم عملية الأكسدة في تنكات (Tanks) أو مفاعلات مزودة بخلاطات حيث يتم تغذية الماء الملوث من أحد جانبى التانك والماء المعالج من الجانب الآخر ، والمادة المؤكسدة يتم تغذيتها أما أن تدفع مع الماء الملوث قبل دخوله التانك بلحظات أو أن يتم إضافته مباشرة إلي التانك ويتم خلط الماء الملوث مع المادة المؤكسدة ، إما بخلاطات ميكانيكية أو بدفع هواء مضغوط أو عن طريق فقاعات الهواء ، يلزم أن يكون هناك خلط كامل وفى أقل وقت ممكن وبكفاءة عالية ليتم التلامس بين المادة المؤكسدة والملوثات المطلوب أكسدتها .



شكل (٥٢) لنظام الأكسدة الكيميائية

بأستخدام ماء الأكسجين والموجات فوق البنفسجية (UV)

المواد المؤكسدة وتأثيرها على المواد السامة

لقد سبق أن أشرنا أنه سوف يتم التركيز على المواد المؤكسدة التى تستخدم لأكسدة المخلفات وهى الأوزون وماء الأكسجين وكذلك الكلور ، وفيما يلى سوف نبين تأثير كلاً منها على هذه المواد .

١ ـ الأوزون (Ozones)

يستخدم الأوزون منذ زمن بعيد كمادة مطهرة للمادة وكذلك استخدامه في معالجة ماء الصرف الصناعى وهو غاز لونه أزرق عند الضغط ودرجة الحرارة العادية ، وهو غاز ذو تأثير على الأغشية المخاطية ويسبب تلوث الجو الموجود به ، والأوزون مادة مؤكسدة قوية وقادرة على التفاعل مع أكثر المواد سمية ، ومعظم نواتج الأكسدة أقل سمية وقابلة للأكسدة البيولوجية .

والتفاعل بين الأوزون والمركبات العضوية تشمل إدخال الأكسجين في حلقة البنزين وتكسير الرابطة الثنائية وأكسدة الكحولات ونتيجة لتكسير الرابطة الثنائية بتأثير الأوزون ينتج عنها الالدهيدات والكيتون (Aldhydes & Ketons)، أما الكحولات فتتفاعل مع الأوزون لتكوين أحماض أمينية .

والأوزون يتم إنتاجه من الأكسجين الجوى باستخدام طاقة كهربائية وذلك لشطر جزئ الأكسجين إلى ذرتين نشطتين ($O^{\cdot}$)، وتتفاعل ذرة الأكسجين النشط مع جزىء أكسجين (O_2) لتكوين الأوزون (O_3) والأوزون غير ثابت تحت الظروف الطبيعية حيث يعود مرة أخرى إلى مكوناته .

ويضاف الأوزون إلي المخلفات السائلة على هيئة غاز وذلك أسفل التانك باستخدام باثق حيث يتفاعل الأوزون مع الرابطة الثنائية لتكوين الألدهيد والكيتون .

كما يتفاعل الأوزون مع الفينول مكونا حامض أوكساليك (Oxalic acid) وتلعب الأشعة الفوق البنفسجية Ultra Violet)UV) دوراً في هذا التفاعل.

٢ ـ ماء الأكسجين (Hydrogen Peroxide)

يستخدم ماء الأكسجين فى أكسدة المواد العضوية السامة بنفس أسلوب تفاعل الأوزون ولكن في وجود الحديد كمادة تنشيط (Fenton's reagent) حيث تتكون مجموعة الهيدروكسيل $(OH)^{\cdot}$ وهذه المجموعة تتفاعل مع المركبات العضوية لتعطى أيون المادة العضوية نشط ($R^{\cdot}$)

$$(OH)^{\cdot} + RH \text{ ------------> } R^{\cdot} + H2O$$

والأيون النشط هذا ($R^{\cdot}$) يتفاعل مرة أخرى لينتج مجموعة هيدروكسيل إضافية

$$R^{\cdot}+H2O \text{ --------> } OH^{\cdot} + ROH$$

ولقد أثبتت التجارب أن ماء الأكسجين قادرة على معالجة محاليل مخلفات مصانع البويات التى تحتوى على كلوريد المثيلين (Methylene Chloride)

حتى ۱۰۰۰ مليجرام / لتر والفينول حتى ٦٠٠ مليجرام / لتر والكروميوم السداسي حتى ٤٠٠ / لتر .

وماء الأكسجين عادة يتفاعل فى وجود الأشعة الفوق البنفسجية (UV)، ويتم تخزين ماء الأكسجين في محاليل ذات تركيزات بين ٣٥ ٪ إلي ٥٠ وهو يذوب بشدة فى الماء .

الكلـــور Cl_2 (Chlorine)

الكلور غاز كثيف يستخدم فى مجالات كثيرة من الصناعات المختلفة ، كما يستخدم فى تطهير الماء لقتل الجراثيم وكذلك فى معالجة المخلفات الصناعية ، وعند خلط غاز الكلور مع الماء يتكون حامض الهيبوكلوروس (Hypochlorous acid)

$$Cl + H_2O \text{ ----------->} \; HOCI + H^+ + Cl$$

ويعتمد هذا التفاعل على درجة الأس الهيدروجينى (PH) وهي عادة ٦ر٧ عند درجة حرارة دافئة وتزيد سرعة الأكسدة مع ارتفاع الأس الهيدروجينى أعلى من ٧ ١/٢ .

ويستخدم الكلور في تدمير ذرة السيانيد (Cyanide) وهى أخطر المواد السامة ـ حيث تتحول تحت الظروف القلوية إلي مواد غير سامة .

$$CN^{\cdot} + OCL^{\cdot} \text{ ------->} \; CNO + CL^{\cdot}$$

ويلتزم فى هذه الحالة الحيطة الشديدة فى ضبط الأس الهيدروجينى على أن لا يقل عن ١٠ حتى لا يتكون غاز سيانوجين الكلوريد (Cyanongen Chloride)وهو غاز سام

$$NaCN + Cl_2 \text{ ---------->} + NaCNO + NaCI$$

وفي الوسط القلوى، فإن كلوريد السيانوجين يتحول إلى سيانيد الصوديوم ومنه إلى غاز النتروجين وثانى أكسيد الكربون كما فى المعادلات :

$$CNCl + 2NaOH \text{ ---->} \; NaCNO + H_2O + NaCI$$

$$NaCNO + 3\,Cl_2 + 4\,NaOH \text{ ------>} \; N2 + 2CO_2 + 6\,NaCl + 2\,H_2O$$

وفى هذه المعالجة يتم إضافة كمية أكبر من الكلور للتأكد من عدم تكوين غاز كلوريد السيانوجين .

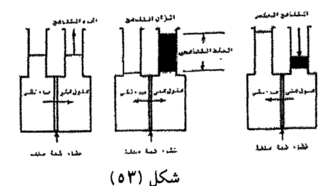
٥ ـ التناضح العكسي
(Reverse Osmosis)

يتم فى جميع عمليات الترشيح فصل السوائل والغازات من الشوائب الصلبة أو السائلة التى توجد في حالة منفصلة عن حالة السائل أو الغاز ، وعليه ، يمكن فصل شوائب الطين من الماء كما يمكن أيضا فصل جسيمات القار من دخان السجائر . ولقد كان من المعتقد لعديد من السنين عدم إمكانية ترشيح الماء لفصل الملح ، ولكن التجارب المعملية فى أواخر العشرينات وأوائل الثلاثينات من هذا القرن أظهرت إمكانية ترشيح محلول مخفف جداً من الماء الملح ، لفصل الملح باستخدام أغشية الكلودين (Collodion membranes)

ونتيجة لتزايد الاهتمام بإزالة ملوحة المياه ، أخذت عملية ترشيح الماء الملح فى التطور مرة أخرى في الخمسينات حيث أمكن إزالة الأملاح كليا تقريبا بالترشيح باستخدام أغشيه صناعية خاصة ، وتسمى هذه العلمية للترشيح بالتناضح العكسى (Reverse Osmosis) .

وتسمى الأغشية التى تسمح بنفاذ الماء دون الملح بالأغشية شبه المنفذة . ويوضح الشكل الفكرة الأساسية لعملية التناضح العكسى .

عندما يوضع غشاء شبه منفذ بين ماء بحر وآخر عذب ، كلاهما عند نفس الضغط ، فإن الماء العذب ينفذ إلى ماء البحر نتيجة الميل الطبيعى لمساواه التركيز ، وتسمى هذه العملية بالتناضح وهي عكس المطلوب تماماً ، وهو انتقال الماء الملح إلي خزان الماء العذب ، ولحدوث العكس في هذه العملية يلزم الضغط على الماء الملح . كما في الشكل (٥٣)



شكل (٥٣)

ويتوقف الضغط اللازم للتشغيل تبعاً لهذه النظرية على نوع الغشاء المستعمل وعلى درجة تركيز الأملاح في الماء المراد إعذابه ـ وقدر هذا الضغط بما يتراوح من ٤٠ كيلو جرام إلى ١٠٠ كيلو على السنتيمتر المربع للمياه المالحة التي يبلغ تركيز الأملاح فيها من ٥٠٠٠ إلى ٣٥٠٠٠ جزء في المليون ـ كما أن معدل المياه العذبة يتراوح عندئذ من ١٠٠٠ لتر إلى ٥٠٠٠ لتر للمتر المسطح في اليوم.

ويلزم عمليا أن يرتفع الضغط عن ضغط التناضح ليتسنى الترشيح بمعدل معقول ، كما يجب أن يؤخذ فى الاعتبار ارتفاع قيمة ضغط التناضح مع استمرار عملية التناضح العكسى نظراً للارتفاع المصاحب في تركيز ماء البحر ، وبالتقريب يتضاعف الضغط التناضحى بتضاعف تركيز ماء البحر ولكن مع مراعاة أن علاقة الزيادة في قيمة ضغط التناضح ، مع زيادة التركيز علاقة غير خطية ، فمثلاً ، ضغط تناضح ماء البحر الميت يزيد جدا عن الضغط التناضحى المتوقع لتركيز الملح به .

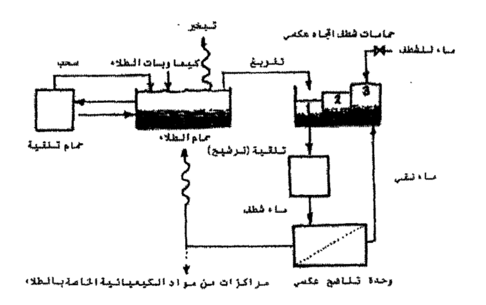
والمشكلة الأساسية في هذه الطريقة هى إعداد الأغشية المناسبة . ولقد كانت هناك محاولات عديدة للتغلب على هذه المشكلة ، فمثلا ، يمكن حالياً تصنيع الأغشية من رقائق من مواد بلاستيكية مثل الكحول المتعدد الفنيل (Polyvinyl Alcohol) أو من استيات السليلوز (Cellulose Acetate)

وتحتوى كثير من الوحدات علي أغشية مصنوعة من أسيتات السيلوز المعدلة ولهذه الأغشية قدرة مرتفعة على حجز الأملاح (٩٥ ـ ٩٩٪) عند إعذاب الماء المالح.

وبالرغم من أن الأغشية التى يمكنها فصل الملح من الماء كانت معروفه من قبل، إلا أن المعدلات المرتفعة نسبيا للترشيح ـ ساعدت على نجاح هذه العملية عملياً وصناعياً ، وتصنع هذه الأغشية بصب محلول يحوى أسيتات السليلوز ومكونات أخرى فى وعاء مناسب ثم غمر هذا المحلول بالماء ، ثم تجفف الغشاء الناتج عند درجة حرارة معينة وكلما أرتفعت درجة الحرارة هذه كلما ارتفعت القدرة على حجز الملح وقلت نفاذية الغشاء ، وللمزيد من المعلومات عن التناضح

العكسى يمكن الرجوع إلي كتاب تنقية المياه الملحة ترجمة دكتور مصطفى محمد السيد ـ مركز النشر العلمى ـ جامعة الملك عبد العزيز (جده) .

ولقد استخدمت طريقة التناضح العكسى في صناعة الطلاء الكهربائى (Electroplating) لاسترجاع كل المعادن والماء ، وشكل (٥٤) يمثل رسماً توضيحياً لهذه العملية حيث يمر ماء الشطف من التانك الأول. خلال وحدة التناضح العكسى لاستعادة محلول المعدن المركز والذى يعاد استخدامه فى حمام الطلاء وتيار الماء النقى الذى يعاد استخدامه في حمام الشطف الثالث ، كما استخدمت هذه الطريقة في حل مشاكل التلوث بالمواد العضوية والغير عضوية ـ كما أشارت الابحاث أن المعادن ثنائية التفاعل يمكن تركيزها فى محلول شطف طلاء المعادن من ١٠ إلى ٢٠٪ .



شكل (٥٤) يبين استخدام طريقة التناضح العكسى لمعالجة مياه الشطف فى طلاء المعادن

٦ـ الديلـزة الكهـــربائيـــة
(Electrodialysis)

تعتبر طريقة الديلزة الكهربائية أول طريقة تطورت تاريخيا ، ومازالت تعتبر طريقة هامة حتى الآن وفى هذه الطريقة يتم جذب الأيونات المكونة للمذاب من المذيب بقوى كهربائية ليتم تركيزها فى أماكن مستقلة، وتعتمد قوة الفصل علي القدرة الكهربائية، فكلما زاد تركيز المذاب كلما زادت القدرة الكهربائية اللازمة .

وفى هذه الطريقة تتعرض المياه لمجال كهربائى بوضع قطبين أحدهما موجب (anode) وأخر سالب (Cathode)فى حوض تمر فيه المياه ، وبذلك تتحلل الأملاح الموجودة في الماء إلى أيونات موجبة وأخرى سالبة وتتحرك الأيونات الموجبة (anions) نحو القطب السالب والأيونات السالبة (Cations) نحو القطب الموجب ـ على أن توضع فى مسار الأيونات المتحركة عدد من الأغشية (membrane) مـن مواد كيمائية خاصة تحمل بعضها شحنات كيميائية موجبة والأخرى شحنات سالبة (بحيث لا يتجاوز غشائين بنفس الشحنة) وعندما تمر المياه فى الغرف المتكونة بين هذه الأغشية تتنافر الأيونات الموجبة الناتجة من تحلل الأملاح في الماء مع الغشاء ذو الشحنة الموجبة بينما تنجذب إليه وتمر خلاله الأيونات السالبة ـ وكذلك يتنافر الغشاء ذو الشحنة السالبة مع الأيونات السالبة بينما ينجذب إليه وتمر خلاله الأيونات الموجبة .

وبذلك يخف تركيز الأملاح فى غرفة بين غشائين متجاورين ويزيد تركيزها فى غرفة أخرى ملاصقة ـ وتخرج المياه من الغرف التى خف فيها تركيز الأملاح للاستعمال ، بينما يستغني عن الماء التى زاد فيها تركيز الأملاح .

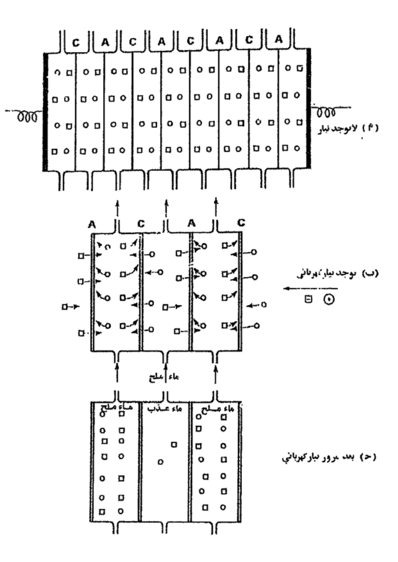
ويوضح شكل (٥٥) الفكرة الرئيسية للديلزة الكهربائية ، وتتكون وحدات الديلزة الكهربائية من عدد من الحجرات الضيقة التى يوضح الماء خلالها ، وتفصله هذه الحجرات بعضها عن بعض بوساطة أنواع من أغشية خاصة تسمح بنفاذ الأيونات الموجبة (الكاتيونات) أو الأيونات السالبة(الانيونات) ، على التوالى ، وتحاط حجيرات الأطراف بأقطاب لتمرير تيار مستمر خلال حزمة الحجيرات بأكملها، ويوضح الشكل حزمة الحجيرات قبل مرور التيار الكهربائى حيث توجد

الأملاح فى المياه الملحة على هيئة أيونات موجبة وأخرى سالبة .

وبتوصيل القطبين بمصدر تيار مستمر ، تبدأ مسيرة الأيونات وبالتالى سريان التيار الكهربائى خلال الوحدة كما هو موضح للحجيرة الوسطى ، تسرى الأيونات الموجبة من اليمين إلى اليسار ، بينما تسرى الأيونات السالبة فى الاتجاه المعاكس ، أى يترك كلا النوعين من الأيونات الحجيرات خلال الأغشية ، ولو كان الغشاء يسمح بنفاذ كل من نوعى الأيونات لما نتج أي تغير فى التركيز لأن كل أيون موجب يترك الحجيرة الوسطى إلى الحجيرة اليسرى يحل مكانه أيون موجب آخر من الحجيرة اليمنى ، ولما كان من الممكن بالمثل التخلص من الأيونات السالبة في الحجيرة الوسطى ، لذا كان الغشاء الأيمن للحجيرة غشاء منفذاً للأنيونات فقط ولا يسمح بنفاذ الكاتيونات من الجهة اليمني إلي الحجيرة الوسطى ، وكذا ، فإن الغشاء الأيسر للحجيرة الوسطى هو غشاء منفذ للكاتيونات فقط وبالتالى بحجز الأيونات السالبة في الحجيرة اليسرى ، ونتيجة لذلك ينخفض تركيز الملح في الحجيرة الوسطى ويزداد تركيز الملح في الحجيرات المجاورة كما هو مبين فى شكـــل (٥٥) .

وتتكون وحدات الديلزة الكهربائية عملياً بما يتراوح عدد من عشر إلي مئات الحجيرات بين زوج واحد من الأقطاب ، ونتيجة مرور التيار الكهربائى ، يتكون ماء عذب وآخر ملح فى الحجيرات المتجاورة ، أى يمكن القول أن نصف الحجيرات يحوى ماء مالحاً والنصف الاخر يحوى ماء عذباً (أو منخفض الملوحة) أما الحجيرات الحاوية للقطبين الكهربائيين فسوف تتلوث بنتائج التفاعلات القطبية والتى تحدث نتيجة مرور التيار .

ولمزيد من المعلومات في هذا الموضوع يمكن الرجوع إلي كتاب تنقية المياه الملحة تأليف ك . س شبيجلر وترجمة الدكتور مصطفى محمد السيد .



شكل (٥٥)

الفكرة الأساسية للديلزة الكهربائية حيث تعى العلامة ○ أيونات موجبة (مثل الصوديوم) ، و □ أيونات سالبة (مثل الكلوريد) الرموز C و A تشير إلى الأغشية المنفذة للكاتيونات والأغشية المنفذة للأنيونات ، على التوالى . انتقال الأيونات بسبب وجود تيار كهربائي يؤدي إلى تخفيف تركيز الملح فى الحجيرات المتبادلة وزيادة تركيز الملح فى الحجيرات المجاورة لها .

٧ـ الترشيح الغشائى
(ULTRA FILTRATION)

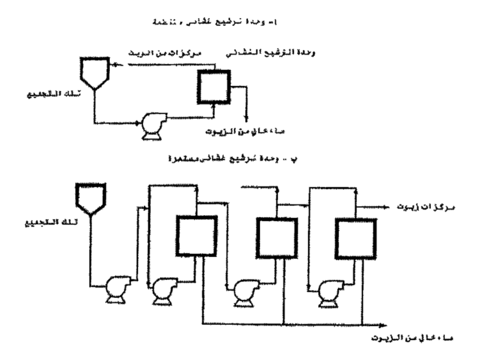
تعتمد عملية الترشيح على حجم الجزيئات المسموح بمرورها ، ففى حالة المرشحات الرملية (Sand Filtration)فإنها تسمح بمرور الجزئيات حتى ٤٠ ميكرون ، أما فى حالة استخدام طريقة الترشيح الغشائى فلا يسمح بمرورها إلا الجزيئات حتى ٥ ميكرون .

وتعتمد طريقة الترشيح الغشائى على استخدام الأغشية فى عملية الترشيح (أو المعالجة) وبذلك تكون الطريقة الثالثة لاستخدام الأغشية .

وفى هذه العملية يتم فصل المذاب (Solute) من المذيب (Solvent) على أساس الحجم الجزيئي والشكل وذلك بمرور المحلول خلال غشاء حيث يكون هناك فرق فى الضغط ثابت على الغشاء ، فنجد أن الماء والجزئيات الصغيرة تمر خلال الغشاء إلي الجانب ذات الضغط المنخفض ، بينما الجزيئات الكبيرة تحجز بواسطة الغشاء ، ولمنع الاتساخ (أو الآنسداد (Fouling) فان المحلول يمر بسرعة عالية فوق الغشاء ، ولتحسين كفاءة الفصل ، فإن المحلول الذي يمر يعاد مروره عدة مرآة خلال الغشاء أو المرور خلال عدة مرشحات على التوالى .

وفى عملية الترشيح الغشائى ، فإن المذاب ذا الوزن الجزئى ٥٠٠ وأقل من ٥٠٠٠٠٠ يمكن أن يفصل من المحلول ، والمذاب أعلى من حدود الوزن الجزيئى فلا يمكن أن يفصل بنظام الترشيح الغشائى ولكن بطريقة الترشيح التقليدية ، والأغشية عموما تسمح بمرور الماء ومعظم الجزئيات المتأينة بينما تحجز الجزئيات الغير متأينة .

وعملية الترشيح الغشائي يمكن أن تتم بطريقة متقطعة (Batch) أو بطريقة مستمرة والشكل (٥٦) يبين مراحل التشغيل بكلتا الطريقتين. وتستخدم هذه الطريقة في معالجة ماء الصرف فى صناعة البويات وكذلك إزالة النشا والانزيمات من ماء الصرف وكذلك فى إعادة استخدام كلوريد البولى فينل (Polyvinyl chloride) وفى صناعة النسيج وفي فصل الزيوت من الماء فى كثير من الصناعات وفى معظم الاستخدامات الصناعية يعاد استخدام كل من الماء والمركزات من المادة المذابة .



شكل (٥٦)

يبين نظام الترشيح الغشائي بالطريقة المتقطعة والمستمرة.

الفصل الخامس
أسلوب معالجة الصرف الصناعى فى الوحدات الصناعية
(مصانع الصباغة)

وفى هذه الوحدات يتم تجميع سوائل الصرف فى خزان أرضى كخزان موازنة حيث يتم أيضا تهوية هذا الخزان بواسطة شبكة تهوية وهواء مضغوط .

ويتم رفع السوائل إلي الوحدة بواسطة مضختين (إحداهما احتياطى) حيث يتم حقن الكيماويات لضبط الأس الهيدروجينى قبل الخلاط الاستاتيكى ثم يتم حقن مادة مروبة فى خلاط الخلط السريع الأول الذى يحتوى على قلاب ومحبس للأس الهيدروجينى متصل بوحدة تحكم فى الأس الهيدروجينى تتحكم فى كمية جرعات المضخة الحاقنة للكيماويات لضبط الأس اليهدروچينى .

ثم تنتقل السوائل إلى الخلاط الثانى للخلط الثانى السريع حيث يتم حقن كيماويات الضبط النهائي للأس الهيدروجينى بواسطة مضخة حاقنة تعمل طبقا للإشارات الواردة من وحدة تحكم فى الأس الهيدروجينى ، ويعمل خزان الخلط البطىء على تكوين الجزئيات المجمعة (فلوكس) قبل عملية الترسيب .

وتدخل السوائل بعد ذلك إلي المروق الذى يعمل على ترسيب المواد العالقة ويتم صرف السوائل الرائقة إلى الصرف النهائى .

ويتم التخلص من الحمأة بواسطة مضختين (إحداهما احتياطى) بنقلها خارج المصنع للتخلص منها .

وفيما يلى مثالان لوحدات إنتاج تعمل فى مجال تجهيز الأقمشة .

المثال الأول : لمعالجة الصرف الصناعى وإعادة استخدام المياه فى إحدى الشركات الكبرى فى مجال تجهيز المنتجات النسيجية .

المثال الأول : ماء الصرف لإحدى الشركات الكبرى فى مجال تجهيز الأقمشة - وهى شركة صباغى البيضا- والتى تعتبر كبرى الشركات فى جمهورية مصر

العربية في هذا المجال وتتكون هذه الشركات من مصنعين بمشتملاتهما .

والنشاط الرئيسى لهذه الشركة هو تجهيز الأقمشة والصباغة والطباعة للأقمشة القطنية وكذلك إنتاج توبس وغزل وصباغة الصوف .

وكانت تعتبر الشركة من اكبر مصدر للتلوث فى مدينة الإسكندرية لان كمية مياه الصرف الخارجة من الشركة تتروواح بين ١٠ إلى ١٨ مليون متر مكعب ينم قذفها فى مصرف خليج ابو قير ، ويرجع هذا إلى اختلاف المراحل التي يتم تجهيز الأقمشة وإلي اختلاف نوعيات المواد الكيميائية التى تستخدم فى المعالجة وذلك كالآتى :

- استخدام محاليل إنزيمات ومذيبات ومواد تنظيف ومبللات غير أيونية للتخلص من مادة النشا التى تسخدم فى تجهيز الخيوط للنسيج .
- استخدام محاليل قلوية شديدة مع صابون للتخلص من الشحوم والاتساخات والشمع الموجود على الأقمشة فى عملية الغسيل (Scouring)، ويتم التخلص من هذه المواد بعد تحللها إلى مواد ذائبة في الماء .
- استخدام محاليل تبييض مثل ماء الأكسجين والسيليكا أو محاليل الكلور للتخلص من اللون الاصفر الموجود فى الأقمشة القطنية فى عمليات التبييض (Bleaching) .
- استخدام محاليل مركزة من الصودا الكاوية فى عملية المرسرة (Mercerization) ـ واستخدام أنواع مختلفة من الصبغات فى عمليات صباغة الأقمشة القطنية أو المخلوطة أو توبس الصوف .
- ومن هذا نجد أن مياه الصرف الصناعى تحتوى على العديد من المواد الكيميائية المختلفة بجانب ملوثات طبيعية ناتجة من معالجة الأقمشة وتوبس الصوف .

ولدراسة درجة التلوث فإنه يتم التركيز على معرفة المكونات من العناصر الآتية

- كمية الأكسجين الحيوي الممتص (B.O.D) وكذلك كمية الأكسجين الكميائى (C.O.D) الممتص .
- الفوسفات (phosphate)
- درجة الحرارة
- المواد الكيميائية السامة مثل الفينول .

ـ المعادن الثقيلة مثل الكروم

ـ الأس الهيدروجينى

ـ الزيوت والشحومات .

ـ الكبريتيدات (Sulphides)

ـ بكتيريا القولون (Soliform bacteria)

بعد هذه التحاليل ثم عمل تجارب معملية لمعرفة أنسب النظم لمعالجة مياه الصرف وتطبيقها على المستوي النصف صناعى. واستخدم فى ذلك مواد ترويب هى خليط من كلوريدات الألومنيوم والحديد ($Al/Fe\ CL_3$) ومواد متعددة التأين غير أيونية وكتيونية . وتم تحديد أنسب جرعة ٣٠ ملجرام / لتر للمواد الغير عضوية وكذلك ٣ ملجرام / لتر من البلمرات العضوية . وفيما يلي التجارب التى تمت عند المرحلة.

١ ـ تكنيك إزالة المواد الصلبة العالقة باستخدام مواد ترويب (Coagulation) وتكتل (Flocculation).

٢ ـ إزالة المواد المعدنية الثقيلة : بإستخدام التكنيك الكيميائى للترسيب .

٣ ـ إزالة الألوان بواسطة طرق الإدمصاص (Adsorption)والأوزون (Ozonation)

وبناء على النتائج التى تم الوصول إليها تم تصميم وحدة معالجة كيميائية متكاملة والتي تتيح الآتي :

ـ أزالة الزيوت والشحومات ثم التعادل ، ترويب وتكتل ، الادمصاص والترسيب والغرض من هذا النظام هو خفض الحمل الكيميائى لمياه الصرف عالية التلوث ومتوسطة التلوث وذلك لزيادة كفاءة عمليات المعالجات البيولوجية في المراحل التالية . وبهذا التكنيك يمكن أن يخفض من المضار الناجمة عن عمليات البيولوجية فترة الأنضاح أو الإعداد والتى تتم فيها تثبيت المواد العضوية .

والملاحظ في هذه المعالجات ، أنه تم استخدام طرق المعالجة البيولوجية نتيجة لوجود مواد عضوية طبيعية ناتجة من معالجة الأقمشة وكذلك ناتج غسيل الصوف .

ومن نتائج الدراسات الأولية فقد تم اقتراح اختيارين لمعالجة مياه الصرف وذلك كالآتى :

الاقـتـراح الأول : ويعتمد على فصل ماء الصرف إلى ثلاثة أنواع من التدفق :

الأول ذى التلوث العالى ، الثانى ذى التلوث المعتدل ، الثالث ذى التلوث الخفيف. أما التدفق ذو التلوث العالى والمعتدل فيتم تجميعها ومعالجتها كيميائيا قبل المعالجة البيولوجية . أما التدفق ذو التلوث الخفيف مع تدفق ماء المجارى فيتم توجيهها مباشرة إلى المعالجة البيولوجية .

الاقتراح الثانى : هو خلط التدفق ذى التلوث العالى مع المتوسطة ومعالجتها كيميائيا ثم خلطهما مع التدفق ذى التلوث الخفيف وماء صرف المجارى قبل عملية المعالجة البيولوجية .

وقد تمت الدراسة المالية أيضا لكل من الافتراضين وتم الموافقة على الاقتراح الثانى ، بالرغم من أن الاقتراح الثانى كان تكلفته أكبر ، حيث أن تكلفة معالجة المتر المكعب حوالي ١٫٠٧ جنيه مصرى بالنسبة للاقتراح الأول وذلك لتجنب صرف مبالغ كبيرة فى أعمال إنشاء شبكات الصرف الجديدة . وقد كانت التقديرات الخاصة بإنشاء وحدات المعالجة حوالى ٨٫٥ مليون جنيه مصرى والتكاليف السنوية لهذه الوحدة حوالى ١٫٩ مليون جنيه مصرى .

أما العائد السنوى لم يمكن التحقق منه إلا بعد المعالجة البيولوجية . وذلك لأن مستوى التلوث للناتج النهائى من الماء المعالج ، بعد المعالجة الكيميائية ، كان مازال أعلى من المعدل المطلوب لذلك ، ووجد أن المعالجة البيولوجية هى التى تم تفضيلها بعد المعالجة الكيمائية وبذلك ، فإن الماء المعالج سوف يكون مناسباً لاعادة استخدامه فى العمليات الصناعية وبالتالى ، يصبح العائد للمشروع قد أمكن تقديره بحوالى ٥٫١ مليون جنيه مصري سنويا .

المثال الثانى : معالجة الصرف الصناعى لإحدى الوحدات الصناعية ذات الحجم المتوسط والتى تعمل في مجال الصناعة .

المثال الثانى لإحدى الشركات التى تعمل فى مجال الصباغة والتى تمثل معظم الشركات القطاع الخاص التى تعمل في هذا المجال وهى شركة العاشر لصناعات الغزل ، وتقوم الشركة بصباغة ألياف وخيوط الصوف والبولى أميد والبولى أستر وكذلك خيوط الأكريليك .

وتستخدم الشركة فى ذلك حوالى ٢٥٠ متراً مكعباً من الماء يومياً كان يتم تصريفها إلى شبكة المجارى العمومية فى مدينة العاشر من رمضان .

وكانت مياه الصرف هذه تحتوى على الصبغات والمواد الكمبائية الآتية :

- صبغات حامضة وناشرة وكذلك صبغات كتيونيه .
- أحماض عضوية مثل الخليك وبعض الأحماض المعدنية بتركيزات منخفضة جدا فى بعض المعالجات الخاصة .
- مواد تنظيف ومواد بلل ومواد تنعيم .
- بعض الأملاح مثل خلات الصوديوم وكبريتات الصوديوم .

ولقد قامت إحدي الشركات المتخصصة في مجال معالجة ماء الصرف مع المعهد التكنولوجى العالي بمدنية العاشر من رمضان بعمل الاختبارات المبدئية لمكونات ماء الصرف . وتقديم الاقتراح الخاص بالوحدة المطلوب .

وفيما يلى الدراسة التى تقدمت بها إحدى الشركات التي قامت بالدراسة وهي كيمكس بالإسكندرية وذلك باستخدام مادة كبريتات الحديدوز كمادة مروبه .

ولقد قامت شركة كيمكس بأخذ عينات من الصرف غرض تحليلها وإيجاد أسهل السبل للمعالجة الكيميائية أو البيولوچية. وفيما يلي تقرير ملخص لما تم.

مواصفات سوائل الصناعة السائلة

تم تحليل المخلف النهائي للمصنع وأتضح من نتائج التحاليل أن تركيز المواد العضوية ممثلة للأحتياج الأكسيچين الحيوى والكيميائي والعوالق الصلبة والمواد الراسبة في ١٠، ٢٠ ق والفوسفات الكلية خارج حدود أحكام القانون ٩٣ لسنة ١٩٦٢ وقرار السيد وزير الإسكان والمرافق رقم ٩ لسنة ١٩٨٩ .

وفيما يلى نتائج تحاليل العينة ومن واقع التحاليل المعملية المرفقة ومقارنتها بالعادن المطلوبة بشأن صرف سوائل المخلفات الصناعية علي شبكة المجاري العمومية يتم عمل معالجة كيميائية بطريقة التخثير والترويب وكذلك معالجة بيولوچية ذلك لتحديد أقرب الظروف المناسبة للمعالجة.

رقم	نوع التحليل	النتيجة	الحد المسموح بها
١	الأس الهيدروجينى	٨ ر٧	٦ ـ ١
٢	المواد الصلبة الذاتية الكلية	٩١٥	٢٠٠ ملجم / لتر
٣	العوالق الصلبة	١٥٠	٥٠٠ ملجم / لتر
٤	المواد الرأسية فى ١٠ ق	٢ر٧	١٥ سم ٣ / لتر
٥	المواد الراسية فى ٢٠ ق	٣ر٥	١٠ سم ٣/ لتر
٦	الأكسجين الحيوى المستهلك	١٨٤٠	٤٠٠ ملجم / لتر
٧	الأكسجين الكيماوى المستهلك	٣٢٠٠	٧٠٠ ملجم / لتر
٨	الكبريتات	٣٦	١٠ ملجم / لتر
٩	الفوسفات	٥	٥ ملجم / لتر
١٠	الامونيا	--	١٠٠ ملجم / لتر
١١	النترات	--	٣٠ ملجم / لتر
١٢	الزيوت والشحوم	٥٤	١٠٠ ملجم / لتر
١٣	الكلور المتبقى	--	١٠ ملجم / لتر
١٤	ثانى اكسيد الكبريت	--	١ ملجم / لتر

أولاً : المعالجة الكيميائية بطريقة التخثير والترويب

وجد أن أفضل رقم أيدروجينى هو ٩,٥ - ١٠ حيث تتراوح الجرعة المبدئية ٢٨٠ ملجم الي ٣٥٠ ملجم / لتر ولزيادة سرعة الترسيب باستحدام الكوبوليمر نسبة ٥٠ - ٧٥ ملجم / لتر.

١ - استخدام أملاح الحديد

أ ـ استخدام كبريتات الحديدوز

حددت جرعة كبريتات الحديدوز إلى ٢٠ ملجم / لتر pH٩ر٥ وكانت نسبة الازالة ممثلة في الاحتياج الأكسجين الكميائى إلى ٥ر٨٠ ٪ مع استخدام الكوبلمر مع رفع الرقم الهيدروجينى بواسطة هيدروكسيد الصودويم ٦ مل / لتر تركيز ٢ عيارى .

ب ـ استخدام كلوريد الحديديك

فى حالة استخدام كلوريد الحديديك كان الأس الهيدروجينى pH(٨ـ ٥ر٨) وتم رفعه بواسطة أكسيد الكالسيوم وكان الجرعة حوالي ٧٥ ملجم / لتر في حين تترواح جرعة كلوريد الحديد ما بين ٢٠٠ ـ ٥٠٠ ملجم لتر وكانت نسبة الإزالة ممثلة فى الاحتياح الاكسجين الكيميائى ٠ر٨٤٪

أما في حالة الرغبة فى إعادة استخدام المياه صناعيا فإن استخدام أملاح الحديد فى المعالجة لا يصلح ولابد من استخدام كبريتات الألومنيوم في هذه المعالجة وتوضح ذلك من الطريقة الآتية :

١ ـ استخدام أملاح الألومنيوم

تم استخدام أملاح الألومنيوم ـ كبريتات الألومنيوم

وتم رفع الـ pH بواسطة هيدروكسيد الكالسيوم وكانت الجرعة كما يلي :

كبريتات الألومنيوم ٤٠ ـ ٥٠ مليجرام / لتر

+ هيدروكسيد الكالسيوم حتى PH٩٫٥

+ يليمرات (كوبوليمر) ٠ر٧٥ - ١٠٠ ملجم / لتر .

وقد أعطيت هذه الطريقة افضل النتائج خصوصاً لاعادة استخدام المياة صناعيا وكانت نسبة الإزالة ٩١ ٪ ممثلة فى الاحتياج الاكسجين الكيميائى :

المعالجة البيولوجية

تم تغذية وحدة معالجة سوائل الصرف بمعدل ثابت وحقن مادة الحمأة المنشطة بواقع ٣٠٠٠ ملجم / لتر .

وبعد الوصول إلي مرحلة الثبات كانت المعالجة البيولوجية لها تأثير في إزالة الملوثات العضوية وخاصة الذائبة ولكن تحتاج المعالجة فترة مكوث حوالى ٢٤ ساعة للوصول إلى نسبة إزالة ٥ر٨٨٪ وتحتاج هذه الطريقة إلي مساحة أرض إلي حوالى ٢٠٠ م ٢ ووقت المكوث فى حدود ٢٤ ساعة وعليه تم اختيار المعالجة الكميائية

لسوائل الصرف الصناعة لمصنع غزل العاشر

المعالجة الكيميائية المقترحة

أولا : إنشاء حوض للموازنة سعة ٥٦م ٣ بحجم ٤×٧×٢ = ٥٦م٣

يتم وضع عدد ٢ طلمبة غاطسة واحدة تعمل والأخرى احتياطى .

يتم سحب سوائل الصرف الصناعى إلى وحدة التجلط والترويب حيث تخلط مادة التجلط (Coagulant) مع سوائل الصرف الصناعة فى وحدة التقليب السريع ثم تنقل التدفق إلى وحدة الخلط البطيء ويتم إضافة مواد الترويب والبلمرات حيث يتكون الفلوك المتجلط ويرسب في المرسب حيث يقوم المثخن بتركيزه وتمركزه في عنق المخروط حيث يتم سحب الرواسب من أسفل والمياه الرائقة من أعلا.

التخلص من الرواسب

هناك ثلاث طرق للتخلص من الرواسب

١ ـ يتم سحب الرواسب إلي مجفف حيث تسحب المياه من أسفل وتجفف الرواسب بفضل الهواء والشمس ويتم تعبئتها يدويا في أكياس بولى آيشلين سعة ٥٠ كجم ثم تنقل إلى المقلب العمومى الرسمى في مدينة العاشر من رمضان (مجفف الرواسب اختيارى)

٢ ـ يتم سحب الرواسب داخل أكياس بولى بروبلين منسوجة مباشرة وتترك على دريلات لسحب المياه ثم تنقل إلى المقلب العمومى .

٣ـ يتم سحب الرواسب مباشرة من المرسب بواسطة عربة الجهاز الخاصة بذلك .

ثانيا: تسحب المياه الرائقة من أعلا إلى تنك الكلور سعة ١٠ م٣ ويتم إضافة هيبو كلوريت الصوديوم بواسطة طلمبة الحقن الخاصة بذلك وذلك لأكسدة ما تبقى من ألوان إن وجدت وكذلك بعض من المواد العضوية الذائبة .

ثالثا: الكلور والترشيح

بعد إتمام علمية الكلور بحيث لا يزيد الكور المتبقى عند ٧ ر . ملجم / لتر يتم سحب المياه بواسطة عدد ٢ طلمبة إلي وحدة الترشيح الرملى سعة ١٠ م٣ * / س قطر ٨٠ سم وارتفاع ٢٠٠ سم .

رابعـــا: المياه المعالجة الآن صالحة للصرف علي شبكات الصرف العمومى لمدينة العاشر من رمضان .

ملحوظة

في حالة الرغبة في إعادة استخدام الماد الصالح يتم إضافة الآتى :

١ ـ مرشح رملى ١٠ م٣ / س (إضافة اختيارى)

٢ ـ عدد ٢ قطر غشائى ١٠ م ٣ / س (اختيارى)

٣ ـ عدد ٢ مرشح كربونى نشط ١٠ م٣ / س وهذه الأجهزة اختيارية .

٤ ـ عدد٢ ميسر ١٠ م٣ / س

خامسا : الكيماويات المستخدمة

كبريتات الألولمنيوم ٠ر٢٥ ـ ٠ر٥٠ جرام / م٣

هيدروكسيد الكالسيوم ١٠٠ ـ ٣٠٠ جرام / م٣ (حسب الـ pH)

البلمرات (كوبوليمر) ١٠٠ ـ ١٥٠ جرام / م٣ .

(اختيارى في حالة التجلط السريع ورفع جودة المياه بغرض إعادة استخدامها)

اسعار الكيماويات

كبريتات الألومنيوم سعر الكيلو ٩٠ قرشا (فقط قدره تسعون قرشا) للكيلو الواحد.

هيدروكيسد الكالسيوم سعر الكيلو ١٥ قرشا (فقط قدره خمسة عشر قرشا) للكيلو الواحد .

المواصفات الفنية لوحدة المعالجة المقترحة سعة ٢٢٠م٣ / يوم

أولا : بيارة الموازنة

البيارة خرسانة مسلحة مقاس ٥٦م ٣ ، عرض ٤م ×طول ٧م ×عمق ٢م

تصنع من الخرسانة المسلحة سمك ٢٥ ـ ٣ سم حسب أصول الصناعة والسقف يتحمل تركيب وحدة المعالجة بحمل ٥٠ طن علي مساحة ٢٨ م ٢ .

ثانيا : وحدة المعالجة (الكلاريفاير)

الوحدة مكونة من أربعة خزانات متمركز بقطر شامل ٣ م وارتفاع ٧ م والمسلوب قطره ٣ م وعمق ٢ م .

وهذه مصنعه من الصلب الأسود سمك ٦ مم ومعالج سطحيا بواسطة الفستقة ومبطن لعدد ٤ طبقة أرالديت ويخدم الوحدة ١٠ م٣ / ساعة بالموتور والقلاب الجيربوكس .

مفردات الكلايرفاير

تنك التقليب السريع

قطر ٥٠ سم ، ارتفاع ١٠٠ سم من الصلب الأسود المبطن يتم التقليب بواسطة الهواء المضغوط .

تنك التقليب البطيء (مكون الفلوك) .

قطر ١٢٠ سم ارتفاع ٣٠٠ سم من الصلب الأسود ومبطن سمط ٦ مم .

تنك المرسب

قطر ٣ وارتفاع ٤ م مصنع من الصلب الاسود ، ومبطن سمك ٦ مم

المسلوب (الخاص بالمرسب)

قطر ٣ ، ارتفاع ٢ م مصنع من الصلب الأسود سمك ٨ مم

#الارجل

عدد ٤ رجل مصنع من الصلب الأسود سمك ٦ مم وارتفاع ٣ م

والبلاتات مصنعة من الصلب ٨ مم حسب أصول الصناعة

الوحدة مزودة بمشخن بالموتور والقلاب والجيربوكس خاصة بتركيز الرواسب وتمركزها في المرسب .

ثالثاً : وحدات تحضير الكيماويات

وحدة تحضير أيدوكسيد الكالسيوم

عدد ١ تنك من الصلب الأسود سمك ٦ مم المبطن سعة ١ م٣ مزود بخط هواء مضغوط

وحدة تحضير كبريتات الألومنيوم

عدد ١ تنك مصنع من H.D.P.E سعة ١ م٣ مزود بخط هواء مضغوط

وحدة تحضير محلول هيبوكلوريت الصوديوم

عدد ١ تنك مصنع من مادة .H.D.P.E سعة ١ م٣ .

رابعاً : الطلمبات

مجموعة طلمبات خاصة بوحدة تحضير هيدروكسيد الكالسيوم وعد ٦ طلمبات حقن، ٢ طلمبة غاطسة بالعوامة وطلمبة نقل رواسب وطلمبة خاصة بتنك الكلور وأثنين لنقل التصرف بطاقة ١٥ م٣ / ساعة .

خامساً : وحدة كنترول الكهرباء

واللوحة مزودة بمبين لشدة التيار وقاطع للتيار ومزود بأجهزة الحماية وكافة الأمكانيات التي تتيح سلامة التشغيل .

الفصل السادس

تقرير عن (*)

المخلفات الصناعية السائلة

المصادر والتأثيرات البيئية في جمهورية مصر العربية

تتنوع مصادر وتأثيرات الملوثات الناجمة عن نشاطات الإنسان الصناعية والزراعية والحضرية، وكما هو معروف ، فإنه لا توجد حدود فاصلة بين الأوساط البيئية المختلفة الصلبة ، والسائلة ، والغازية ، لهذا فإن التلوث الحادث فى أى منها يمكنه الانتقال إلي وسط آخر وبالعكس ، والملوثات التي تدخل البيئة قد تتحلل أو تضمحل مع الزمن أو قد تظل ثابتة ويزداد تراكمها باستمرار انبعاثها . ومن ثم فإنه يمكن تحديد أثر المحصلة النهائية علي البيئة طبقاً لطبيعة المادة الملوثة . هذا الوضع له آثار اقتصادية وصحية متنوعة ، كما هو موضح بالجدول (٧) . وتنتج الآثار الصحية من جملة ما يصل إلي جسم الإنسان من هذه الملوثات ، سواء عن طريق استنشاقها مباشرة من الهواء أو شربها مباشرة مع الماء ، أو عن طريق تناول المواد التى تتجمع فى سلسلة المواد الغذائية .

ويعتبر الماء من أهم مصادر الثروة الطبيعية التى لاغنى عنها ، لذلك فإن الحفاظ على المواردالمائية نظيفة وصالحة للاستخدامات المختلفة يعتبر مسئولية قومية يجب أن تتكاتف جميع الجهات المعنية بحماية البيئة من أجل سلامتها .

وتتعدد موارد المياه في جمهورية مصر العربية فتشمل ما يلي :

أ ـ مسطحات المياه العذبة وتتمثل فى نهر النيل وفرعيه والأخوار ، والرياحات والترع والجنابيات .

(*) من أوراق ندوة المراجعة البيئية في الشركات الصناعية ـ ١٦ أغسطس ١٩٩٦ ، تحت رعاية جهاز شئون البيئة وبنك التعمير الألمانى (دورة تأهيل مسئولي البيئة بالمصانع) مركز خدمة البيئة ـ المعهد التكنولوجى العالى .

ب ـ مسطحات للمياه غير العذبة وتشمل المصارف بجميع درجاتها ، والبرك والمسطحات المغلقة والسياحات والبحيرات والبحار والخلجان .

جـ ـ خزانات المياه الجوفية .

وتعتبر المياه ملوثة اذا احتوت على أي مواد غريبة مثل المواد الصلبة العالقة والمواد العضوية وغير العضوية الذائبة والبكتريا والطفيليات أو الطحالب ، والتى تنتج عن واحد أو أكثر من الملوثات الأتية :

- المخلفات الأدمية.
- مبيدات الأفات.
- المخصبات ومحسنات التربة.
- نفايات المصانع.
- ناقلات البترول والسفن والبواخر.
- العوامات والأماكن السياحية علي الأنهار.

وتعتبر المخلفات الصناعية من أكثر المصادر تلويثاً للمسطحات المائية فتراكيب هذه المخلفات قد يؤثر على الصفات الطبيعية والتراكيب الكميائية للماء والتى تؤدى بالتالى إلي الاضرار بالاحياء الدقيقة والنباتات التى تعيش فى الماء . وجدير بالذكر أن بعض المركبات العضوية أو المركبات السامة في الصرف الصناعى تزيد بدرجة كبيرة من صعوبة معالجة الماء بغرض الاستعمالات المنزلية أو الصناعية ، مثال على ذلك مادة الفينول حيث تضيف لوناً ورائحة لمياه الشرب وذلك بعد المعالجة بالكلور . أيضا فإن الزيوت والدهون تمنع وصول الأكسجين من الهواء إلي الماء مقللة بذلك من القدرة الذاتية على التنقية والتطهير . أما المخلفات عالية الملوحة فتسبب طعماً غير مقبول كما أنها تجعل المعالجة للأغراض الصناعية صعبة للغاية .

وفيما يلى الجدول (٧) يبين بعض مصادر الملوثات والأضرار الناجمة عنها.

جدول رقم (٧)
بعض مصادر الملوثات الصناعية وبعض الأضرار التى تسببها

الملوثـــات	المصدر الصناعى (أمثلة)	بعض الاضرار الرئيسية
١ ـ أملاح غير عضوية	مصانع التحلية وتكرير البترول ومصانع الذخائر .	تتداخل فى الاستعمالات الصناعية وتؤثر على مياه الشرب والرى.
٢ ـ أحماض عضوية	مصانع الكيماويات	تسبب تآكل خطوط الأنابيب والأجهزة كما تسبب فى قتل الأسماك.
٣ ـ مواد عضوية	مصانع المعلبات ومدابغ الجلود ومصانع الغزل والنسيج .	تكون طعاماً للبكتريا وبالتالى تستهلك الأكسجين الموجود بالماء .
٤ ـ مواد عالقة	مصانع الورق والمعلبات	تسبب الاختناق لبيض الأسماك وتفسد منظر البحيرات .
٥ ـ أصباغ	مصانع النسيج والتعدين والكيمياويات .	تسبب أضراراً جسيمة للأحياء المائية.
٦ ـ مواد صلبة وسوائل	المجازر (المسالخ) ومصانع تكرير البترول	تفسد الشكل والرائحة وتمنع وصول الأكسجين للماء .
٧ ـ كيمياويات سامة مثل المعادن الثقيلة	مصانع الصلب والذخائر والطلاء بالمعادن	تغير من حياة النباتات والحيوانات المائية ولها تأثير سمى .

تابع : مصادر الملوثات الصناعية وبعض الأضرار التى تسببها

الملوثـــات	المصدر الصناعى (أمثلة)	بعض الاضرار الرئيسية
٨ ـ أحياء دقيقة	مدابغ الجلود .	تلوث المياه بكتريوجيا مما يجعلها غير صالحة لحياة الأسماك .
٩ ـ إشعاعات الراديو	مصانع الطاقة النووية وعامل الكيماويات .	تتركز في أجسام الأسماك وتكون ضارة لمياه الشرب .
١٠ ـ مواد مسببة للرغوة	المسالخ ومصانع الصابون والأصباغ .	منع وصول الأكسجين للماء وتضر بالاحياء المائية .

مما سبق يتضح أن هناك حاجة ماسة الآن لتوفير موارد مائية جديدة بجانب الحفاظ على الموارد الحالية المتاحة . ومن بين هذه الموارد الجديدة مياه الصرف الصحى المعاد استخدامها بعد معالجتها . ويخضع ذلك لمعايير خاصة تتنوع وتختلف طبقاً لأسلوب الاستغلال المزمع تطبيقه .

ونظراً لأنه يتم في مصر صرف وجمع كل من مخلفات الصرف الصحى والمخلفات في شبكة واحدة تنتهى في العادة بمحطات معالجة لمياه الصرف الصحى ، فأنه يجب عزل المخلفات الصناعية الخطرة في نطاق مناطق إنتاجها حتى تتم معالجتها منفصلة وتخليصها مما فيها من مواد سامة وضارة إن وجدت . ويعتبر هذا ضرورة قصوى قبل التخلص منها على شبكة الصرف الصحى ، للأسباب الآتية : ـ

حماية خطوط الشبكة من التآكل .

حماية والحفاظ علي كفاءة عملية المعالجة وخاصة المعالجة الثانوية .

إزالة المواد التى لا يمكن إزالتها بطرق المعالجة التقليدية والتى يمكن أن تبقى كما هى في مياه الصرف المعالجة بكتريولوچيا وبالتالى تحد من إعادة استخدام هذه المياه.

نوعية المخلفات الصناعية المحتمل صرفها على شبكة علي الصرف الصحى :

١ ـ مخلفات تحتوى علي مواد سامة أو خطرة يمكن إزالتها بطرق المعالجة الابتدائية قبل صرفها على الشبكة (الصناعات المعدنية والكيمياوية) .

٢ ـ مخلفات تحتوى على حمل عضوى كبير ولكنه قابل للأكسدة البيولوجية (الصناعات الغذائية) .

٣ ـ مخلفات تحتوى على مواد سامة ولكن بتركيزات لا تحتاج إلي معالجة ابتدائية قبل صرفها علي الشبكة (الحديد والصلب) .

٤ ـ مخلفات لها مواصفات تضاهى الصرف (المطاعم ـ الفنادق) .

الملوثات الصناعية الخطرة ذات الأولوية (القائمة السوداء)

نقدم هنا نموذجاً للتعامل مع التلوث الصناعي من واقع الخبرة العالمية، فقد حددت وكالة حماية البيئة الأمريكية (EPA) عدد ٢٩ ملوثاً ذا أولوية في ٦٥ نوعاً ليتم تنظيمها بمواصفات خاصة بالصرف. والمواد الملوثة ذات الأولوية (العضوية والغير عضوية) تم اختبارها بناء علي معرفة أو توقع مدي تسببها في الإصابة بالسرطان أو أحداث التشوهات الوراثية أو الأورام أو درجة سميتها الحادة العالية. والكثير من الملوثات العضوية ذات الأولوية تم تصنيفه أيضاً كمركبات عضوية متطايرة (VOCs) ويوضح الجدول (٨) أمثلة لهذه الملوثات ذات الأولوية.

وفى نطاق نظام وجمع ومعالجة مياة الصرف الصحى يمكن إزالة الملوثات العضوية ذات الأولوية أو تحويلها أو تكوينها أو نقلها ببساطة خلال النظام دون أن يحدث بها تغيير . وتوجد خمس آليات مبدئية مرتبطة بذلك :

١ ـ التطاير (وأيضا استخلاص الغازات) .

٢ ـ التحلل .

٣ ـ الدمج إلي جزيئات وحمأة

٤ ـ المرور (وتعنى المرور خلال النظام الكلى) .

٥ ـ التولد كنتيجة للمعالجة بالكلور أو كمنتج ثانوي لتحلل المركبات السابقة .

ومن المهم أيضا ملاحظة أن هذه الآليات لا تحدث منفصلة بالضرورة حيث من الممكن أن يطغى حدوث آلية على أخرى أو حدوثها في توقيت واحد متزامن .

جدول رقم (٨)

نماذج لمركبات مخلفات تنتج عن الأنشطة التجارية والصناعية والزراعية والتى صنفت كملوثات ذات أولوية

الاسم الرمز الكميائي)	الاستخـــــدام	الاهميـــــة
مواد غير معدنية الزرنيخ (As)	يضاف للمسابك المعدنية خاصة الرصاص والنحاس لعمل الطلقات ، وألواح البطاريات وتغليف الكابلات ومواسير الغلايات وأشباه المواصلات .	مسبب السرطان ومؤثر على الجينات على المدى الطويل وأحياناً يمكن أن يسبب الأرهاق وفقدان الطاقة .
السلينيوم (Se)	الإلكترونيات وألواح التصوير وكاميرات التلفيزيون والخلايا الضوئية والقلب المغناطيسى للحسابات والبطاريات الشمسية والعواكس والقواطع والسيراميك وآثار بسيطة من غذاء الحيوان	على المدى الطويل تظهر بقع حمراء على الأصابع ويؤثر على الأسنان والشعر ويؤدى إلى الضعف العام والتهابات الأنف والفم .
المعادن : الباريوم (Ba)	يدخل في مركبات تفريغ الصمامات ومضاد لأكسدة النحاس وتزييت المصعد الدوار لأنابيب أشعة × وسبائك شمعات الاحتراق .	قابل للاشتعال فى درجة حرارة الغرفة فى صورة مسحوق يؤدى على المدي الطويل إلى ارتفاع ضغط الدم وتخدير الأعصاب .
الكادميوم (Cd)	الترسيب الكهربائى لطلاء المعادن وكراسى التحميل وأنظمة الوقاية من الحريق والباريات النيكل كادميوم وأسلاك نقل الطاقة وشاشات التلفزيون وطلاء السيراميك وأقطاب لمبات بخار الكادميوم والخلايا الضوئية والتصوير .	يشتعل في صورة مسحوق وسام فى حالة الاستنشاق ومسبب للسرطان ومركباته السائلة شديدة السمية وعلى المدى الطويل يتركز في الكبد والكلى والبنكرياس والغدة الدرقية قد يؤدى إلى ارتفاع ضغط الدم .

تابع نماذج لمركبات مخلفات تنتج عن الأنشطة التجارية والصناعية والزراعية والتى صنفت كملوثات ذات أولوية

الاسم (الرمز الكيمائي)	الاستخدام	الاهمية
الكروم (Cr)	يستخدم فى السبائك ومواد الطلاء للمعادن والبلاستيك لمقاومة التآكل ، ويدخل فى تركيب الصلب الغير قابل للصدأ ويستخدم كطلاء واقى لأجزاء السيارات والمعدات وفى الأبحاث النووية وكمكون أساسى للأصباغ الغير عضوية .	المركبات السداسية التكافوء للكروم تؤدى للإصابة بالسرطان وتآكل الأنسجة . وعلي المدى الطويل يؤدى إلى حساسية الجلد والانف .
الرصاص (Pb)	يستخدم فى البطاريات وإضافات البنزين وتغليف الكابلات والذخيرة والمواسير وتبطين الخزانات وصهر السبائك وماص للاهتزازات فى الإنشاءات الثقيلة وسبيكة البابيت لكراسى التحميل .	سام فى حالة الابتلاع أو الاستنشاق وعلى المدى الطويل يؤثر على المخ ويتلف الكلى ويؤدى إلي تشوهات المواليد .
الزئبق (Hg)	يستخدم في طلاء الفلزات وكعامل مساعد في الأجهزة الكهربائية ولمبات الزئبق وطلاء المرايا ولمبات القوس الكهربى والغلايات وكمهبط لإنتاج الكلور والصودا الكاوية .	شديد السمية عند الامتصاص عن عن طريق الجلد أو استنشاق بخاره وعلى المدى الطويل فهو سام للجهاز العصبى المركزى وقد يؤدى إلي تشوهات المواليد .

تابع نماذج لمركبات مخلفات تنتج عن الأنشطة التجارية والصناعية والزراعية والتى صنفت كملوثات ذات أولوية

الاسم الرمز الكميائي)	الاستخـــــدام	الاهميـــة
الفضة (Ag)	يستخدم فى إنتاج نترات الفضة وبروميد الفضة وكيماويات التصوير ولبطانة الأحواض ومعدات وأوانى التفاعلات الكمياوية وتقطير المياه وصنع المرايا وكموصلات كهربائية وطلاء المعدات الإلكترونية وتنقية المياه وعامل مساعد للهدرجة والأكسدة وخاصة للبطاريات والخلايا الشمسية وأدوات المائدة والحلى وعلاج الأسنان والأجهزة العلمية والطبية والملامسات الكهربائية .	شديد السمية عند الامتصاص عن طريق الجلد أو استنشاق بخاره وعلي المدى الطويل يودىء إلى تغيير لون الجلد ويؤثر على العين والغشاء المخاطى .
المركبات العضوية البنزين (C_6H_6)	يستخدم فى إنتاج البنزين الايثلى (لصناعة المطاط) والمنظفات والنايلون والفينول والنيتروبنزين (لصناعة الأتيلين) وحامض السالفونيك كمذيب .	مسبب للسرطان وشديد السمية وقابل للاشتعال وخطر للحرائق .
البنزين الإيثلى ($C_6H_5C_2H_5$)	يستخدم كبنزين للطائرات وفي المركبات عالية الأوكتين والفينول ومذيبات البوية والطلاء وفى الصمغ ومواد اللصق ومعظم الزيوت والمطاط ومذيب لمواد لصق اللعب البلاستيك ونماذج الطائرات وصنع المتفجرات (TNT) والمنظفات .	قابل للاشتعال وخطر عند الحريق وسام عند ابتلاعه أو اشتعاله أو أمتصاصه عن طريق الجلد .

تابع نماذج لمركبات مخلفات تنتج عن الأنشطة التجارية والصناعية والزراعية والتى صنفت كملوثات ذات أولوية

الاسم الرمز الكيمائي)	الاستخـــــدام	الاهميـــــة
المركبات الهالوجنية : الكلور بنزين (C_6H_5Cl)	يستخدم في إنتاج الفينول الكلوربنزين والإثيلين والمذيبات ووسيط في المبيدات الحشرية وناقل للحرارة .	متوسط الخطورة عند الحرائق يراعى عدم إستعماله أو تلامسه للجلد .
الكلور ايثين ($CH_2\ CHCl$)	يستخدم في إنتاج كلوريد البوليفنيل والمركبات العضوية الصناعية ولاصق للبلاستيك .	شديد السمية وخطر لكل أنواع التعرض ومسبب للسرطان .
الدايكلوروميثان (CH_2Cl_2)	مزيل للدهانات ومذيب للشحومات يستخدم فى تشغيل البلاستيك وعامل مساعد فى صناعة الفوم ومذيب للسليولوز .	سام ومسبب للسرطان ومخدر
التراكلوروايثين (CCl_2CCl_2)	يستخدم كمذيب فى التنظيف الجاف وكبخار مذيب للشحم وكعامل مجفف للمعادن وكوسط لنقل الحرارة وفي إنتاج الفلوركاربون .	مهيج للعين والجلد
مبيدات الطحالب والأعشاب والحشرات : الاندرين ($C_{12}H_8OCl_6$)	مبيد حشرى ومادة للتطهير بالتدخين	سام عند استنشاقه وامتصاصه عن طريق الجلد.
الليندان ($C_6H_6Cl_6$)	مبيد للطحالب الضارة والحشرات .	سام عند أستعماله وابتلاعه وامتصاصه عن طرق الجلد .
الميثوكسيلور Methox Chlor	مبيد حشرى	مادة سامة .
التوكسافين ($C_{10}\ H_{10}Cl_8$)	مبيد حشرى ومادة للتطهير بالتدخين	سام عند استعماله وابتلاعه وامتصاصه عن طريق الجلد .
السلفكس silvex	مبيد للأعشاب ومنظم لنمو النباتات.	مادة سامة واستخدامه مقيد .

وهناك نوعان من الطرق القياسية يستخدمان للتحكم في تصريف الملوثات فى المحطات العامة للمعالجة . النوع الأول هو « مواصفات الصرف الممنوع » وتطبق هذه المواصفات على كل من المنشآت التجارية والصناعية التي تقوم بالصرف في المحطات العامة للمعالجة ، وهى تقيد عملية صرف الملوثات التى قد تسبب في خطر الحريق أو الانفجار في شبكات المجارى أو المحطات المعالجة وتشمل هذه الملوثات المسببة للتآكل (التى يقل رقمها الهيدروجينى "pH" عن ٥) ، والمعوقة للتدفق ، والمربكة لعمليات المعالجة ، والمسببة لارتفاع درجة حرارة مياه الصرف الصحى الداخلة للشبكة لأكثر من ٤٠ْم والنوع الثانى هو « المواصفات المصنفة » وتطبق على الصرف الصناعى والتجارى في ٢٥ مصنف صناعى . وهى تعمل علي تقييد الصرف لعدد ١٢٩ ملوثاً ذا أولوية ، ومن المتوقع أن تستمر هذه القائمة في الزيادة فى المستقبل .

مؤشرات قياس التلوث الصناعي

قبل اتخاذ أي قرار بالتحكم في الملوثات الصناعية، يجب تحديد نوعية وكمية المخلفات المنصرفة وتحديد مكان التخلص منها.

وهناك قياسات عديدة يجب إجراؤها قبل أتخاذ القرار المناسب للمعالجة أو التحكم، ونوجز هنا أهم هذه القياسات.

التصرف :

(٣٢ / اليوم) وهذا ضروري لمعرفة كمية الملوثات حتى يمكن تقييم طاقة شبكة الصرف وتحديد الأحمال المتوقعة في محطات المعالجة.

درجة الحرارة:

يمكن أن يتسبب ارتفاع درجة الحرارة في تأكل خطوط الصرف .

الرقم الأيدروجيني :

يدل هذا الرقم علي مدي حامضية أو قاعدية المواد المنصرفة ويمكن أن يحدث أضراراً بالشبكة من أهمها تأكل المواسير.

الاكسچين الحيوي الممتص (BOD)

هذه مؤشر علي استهلاك الاكسچين بواسطة الكائنات الدقيقة في مياة الصرف، بعد خمسة أيام من حضانة العينة، وهو دليل علي قيمة المواد العضوية الموجودة والقابلة للأكسدة البيولوچية.

الاكسچين الكيميائي الممتص (COD)

تمثل قيمته تركيز المواد العضوية وبعض المواد غير العضوية القابلة للأكسدة الكيميائية، وتعتبر نسبة الأكسچين الكيميائي الممتص والأكسچين الحيوي الممتص مقياساً أو مؤشراً لعملية المعالجة. وأيضاً يتم أستخدام كل من نسبة الأكسچين الكيميائي الممتص والأكسچين الحيوي الممتص كعنصر أساسي في تصميم محطات المعالجة.

المواد العالقة :

ترجع أهميتها إلى فائدتها في تحديد كمية الحمأة الناتجة، علاوة علي أنها تستخدم كمؤشر عند تصميم أحواض الترسيب الابتدائي.

النشادر :

تستهلك النشادر جزءاً من الأكسچين في محطات المعالجة، علاوة علي أن وجود النيتروچين يعتبر مخصباً هاماً بجانب الفوسفور في وحدات المعالجة البيولوچية.

الزيوت والشحومات :

في بعض الأحيان يتم صرفها ساخنة في شبكات الصرف ويحدث لها تبريد في الشبكة مما يتسبب عنه انسداد في الخطوط وبالتالي مشاكل جمة في محطات الرفع وفي الشبكة ككل.

وجدير بالذكر أن هناك بعض القياسات التي يمكن اجراؤها بصورة غير روتينية، وهي تشمل : النيتروچين الكلي، الفوسفور الكلي، السيانيد الحر، الزرنيخ، القصدير، الزئبق، الكبريتات ، المنظفات الصناعية.

التحاليل الخاصة ناتجة عن صناعة الدواء والمبيدات الحشرية وهذه يجب إجراؤها بمعرفة المعامل المتخصصة في هذا المجال حيث أنه يستلزم استخدام أجهزة معينة.

ويوضح الجدول رقم (٩) بعض التحاليل الروتينية الواجب اجراؤها لبعض المخلفات الصناعية.

جدول رقم (٩)

بعض التحاليل الروتينية الواجب إجراؤها لبعض المخلفات الصناعية

الصناعة	القياسات
النسيج إزالة اللون - الصباغة	درجة الحرارة، الرقم الأيدروچيني، الأكسچين الكيميائي الممتص، المنظفات، المعادن الثقيلة
إزالة الشحم والقاذورات من الأصواف	درجة الحرارة، الرقم الأيدروچيني، الأكسچين الكيميائي الممتص، المنظفات، الدهون.
الأغذية	الرقم الأيدروچيني، الأكسچين الكيميائي الممتص، النيتروچين، المواد الصلبة
المشروبات الغازية	المواد الصلبة، الأكسچين الكيميائي الممتص،المواد المترسبة.
الدباغة	المعادن الثقيلة، المواد الصلبة، الكبريتيد، الرقم الأيدروچيني، الأكسچين الكيميائي الممتص.
الكيماويات	الرقم الأيدروچيني،الفينول، الأكسچين الكيميائي الممتص.
الأدوية	الأكسچين الكيميائي الممتص.
الإلكترونيات، الطلاء بالعادن وتشطيب المعادن	الرقم الأيدروچيني، المعادن الثقيلة، الأكسچين الكيميائي الممتص، السيانيد، المواد الصلبة
الطباعة	الرقم الأيدروچيني، المعادن.

متطلبات القوانين البيئية

لم تكن مصر بأقل تأثيراً بمشاكل البيئة من غيرها من الدول الأجنبية ولا بأقل أهتماماً بها وإيجاد الحلول لها بما يتناسب مع الظروف المحلية.

وقد أجريت في مصر دراسات عديدة لمواجهة المشاكل البيئية في الأونة الأخيرة، وقام المهتمون بشئون البيئة في مصر مع الجهات الحكومية والسياسية بوضع القوانين التي تحمي المجاري المائية وشبكة الصرف الصحي والمياة الجوفية من التلوث.

القانون رقم ٤٨ لسنة ١٩٨٢

أوجب القانون رقم (٤٨) والصادر في سنة ١٩٨٢ بشأن حماية نهر النيل والمجاري المائية من التلوث، عدم الترخيص بصرف الملوثات إلى نهر النيل وفروعه والترع والمصارف والجنابيات وخزانات المياة الجوفية، قبل مطابقة خصائص هذه المخلفات للمعايير الواردة باللائحة التنفيذية للقانون والصادرة بقرار وزير الري رقم (٥٨) في سنة ١٩٨٣ .

القانون رقم ٩٣ لسنة ١٩٦٢

أوجبت أحكام القانون رقم « ٩٣ » لسنة ١٩٦٢ ضرورة معالجة المخلفات السائلة التي يتم صرفها من مختلف المنشآت الصناعية علي شبكة الصرف بالمدن بما يتمشي مع المعايير الواردة باللائحة التنفيذية لهذا القانون ، وتجدر الإشارة هنا إلى انه عند إصدار أى قانون خاص بالملوثات يجب الأخذ في الاعتبار مايلى :

١ ـ أن معظم الملوثات لها حدود في تركيزاتها ، تعتبر التركيزات آمنة إذا قلت قيمتها عن هذه الحدود . وهذه التركيزات محددة بالقانون وتتصل مباشرة بصحة الإنسان والإحتياجات البيئية .

وعند اختيار الحدود الآمنة ، فإنه من الضرورى تحديد مكان التخلص من الملوثات . على سبيل المثال فإن المعايير المطلوبة للمخلفات المراد التخلص منها على المسطحات المائية تختلف في مواصفاتها وحدودها عن المخلفات المراد التخلص منها على شبكة الصرف الصحى .

٢ ـ التركيزات الآمنة لمخلفات الصناعة تعتمد إساسا على المجالات الأربعة التى تحتاج إلى حماية وهى :

شبكة الصرف الصحى .

العمالة .

محطة المعالجة .

إعادة الاستخدام .

٣ ـ ممكن تعديل الحدود الآمنة للمخلفات تبعاً لمستوى التخفيف فى محطات الصرف نفسها وزمن إلقاء المخلفات وقدرة المحطة على الاستيعاب .

ويجب الأخذ في الاعتبار أن التخلص من المخلفات السائلة فى المصارف الزراعية أو نهر النيل يستلزم حدوداً وتركيزات آمنة أكثر صرامة عن مثيلتها في شبكة الصرف الصحى .

٤ ـ الملوثات المستهدفة يجب تقييمها بمجموعة من القوانين المجتمعة بحيث تتمشى واحتياجات حماية البيئة .

ومع ذلك فإن مجموعة المعايير القياسية ممكن أختيارها بغض النظر عن حجم عملية التنقية أو معدل التخفيف داخل المحطة ويرجع ذلك لسهولة التحكم فيها وتطبيقها ، كما هو الحال في القانون ٩٣ .

مواصفات الصرف على المجاري العمومية

للتخلص من المخلفات الصناعية السائلة فى شبكة الصرف الصحى ، هناك اعتبارات يجب مراعاتها عند وضع المواصفات القياسية ، أهمها :

أن المواد التى تحدث دمارا في البيئة لا يجوز صرفها بأى حال من الأحوال وهي تشمل علي سبيل المثال وليس الحصر المواد المسببة للسرطان ، المواد المشعة ، الايزوتوب ، الهيدروكربونات عديدة الاروماتية ، والمبيدات ، والهيدروكربونات المكلورة ، المذيبات القابلة للاشتعال أو السامة ، الزيوت ، كبريد الكالسيوم .

أما في مصر فقد صدر القانون رقم «٩٣» لسنة ١٩٦٢ بشأن صرف المخلفات الصناعية على شبكة الصرف الصحى ، وتم تحديد المواصفات المتاحة بالمخلفات

السائلة قبل صرفها على المجارى العمومية بالشروط الآتية :

ألا تزيد درجة الحرارة عن ٤٠ْم .

ألا يقل الرقم الأيدروجيني عن ٦ ولا يزيد عن ١٠ .

ألا تزيد المواد المترسبة عن ٥ سم٣ / اللتر في ١٠ دقائق ولاتزيد عن ١٠ سم٣ في ٢٠ دقيقة .

ألا يزيد كبريتور الأيدروجين (مقدراً علي هيئة كبريت) عن ١ مجم / لتر .

ألا تحتوى على مواد سامة بكميات ضارة بحياة الأسماك أوالكائنات الحية .

ألا تزيد الزيوت والشحوم والمواد الراتنجة عن ١٠٠ مجم / لتر .

ألا تحتوى على مواد ينتج عنها تصاعد غازات قابلة للانفجار أو درجة اشتعالها ٨٥ م أو أقل .

وجدير بالذكر أنه يجب معالجة المخلفات الصناعية حتى تتوافق مواصفاتها مع المعايير المنصوص عليها بالقانون قبل إلقائها على شبكة الصرف الصحى ، حيث أن وجود المواد السامة وخاصة المعادن الثقيلة أو السيانيد أوالأحماض أو الفلوريدات سوف يؤثر تأثيراسلبيا على كفاءة عمليات معالجة مياه الصرف الصحى ، والتى عادة ما تتم بالطرق البيولوجية التى تعتمد على الكائنات الحية الدقيقة ، علاوة على تآكل خطوط الشبكات مع مرور الوقت .

ويوضح الجدول رقم (١٠) المعايير القياسية للمخلفات الصناعية السائلة قبل التخلص منها على شبكة الصرف الصحى ، وهذا الجدول تم تجميعه من عدة مصادر أجنبية .

تعديل القانون رقم « ٩٣ » لسنة ١٩٦٢

لقد صدر هذا القانون منذ أكثر من عشرين عاماً ، ونظرا للزيادة المطردة في كميات صرف المخلفات السائلة في المجارى العامة في السنوات الأخيرة وذلك نتيجة للزيادة السكانية وانتشار العمران والتوسع في المشروعات الصناعية والتجارية وغيرها ، مما شكل عبئاً كبيراً علي شبكات المجارى ، فضلا عن سوء حالتها لانتهاء عمرها الافتراضى . ولما كانت المخلفات السائلة هى أحد مصادر

تلوث البيئة الرئيسية وذلك بالنظر إلى سوء حالة شبكات المجارى ، وعلى التوسع في إنشاء المصانع الجديدة ، وعلى مدى قدرة الشبكات على استيعاب الكميات الهائلة المنصرفة يصعب الوصول بمواصفاتها إلي معايير المنصوص فى القانون رقم «٩٣»لسنة ١٩٦٢ . لذلك كانت الحاجة الماسة لصدور تشريع جديد يواجه بأحكامه المتغيرات الجديدة التى طرأت على صرف هذه المخلفات ويغطى القصور فى القانون رقم «٩٣» لسنة ١٩٦٢ .

ويضح الجدول رقم (١١) المواصفات القياسية المعدلة بالقرار الوزاري رقم «٩» لسنة ١٩٨٩ بشأن صرف المخلفات الصناعية المعالجة إلي شبكة الصرف الصحي .

وبمقارنة هذا القانون بالقوانين الدولية الأخرى ، نجد أن القانون المصرى أكثر تشدداً في أحكامه إذا ما قورن مثلاً بالقانون المماثل في المملكة المتحدة التى تعتمد على أن هناك معالجة تامة في محطات الصرف الصحى للمخلفات .

جدول رقم (١١)
المواصفات المصرية المعدلة لمخلفات الصناعة قبل صرفها علي شبكة الصرف الصحى

القياسات	أكثر من ١٠٠م٣ / اليوم	أقل من ١٠٠م٣ / اليوم
الرقم الايدروجينى	٦ ـ ١٠	٦ ـ ١٠
درجة الحرارة	٤٣م	٤٣م
اللون (لوفيبوند وحدة)	١٠	٢٠
المواد العالقة مجم / لتر	١٠٠٠	٢٠٠٠
الأكسجين الحيوى الممتص مجم /لتر	١٠٠٠	٢٠٠٠
الأكسجين الكيمائي الممتص مجم/لتر	٢٠٠٠	٤٠٠٠
الزيوت والشحوم مجم / لتر	٥٠	١٠٠
المعادن الثقيلة : الكادميوم مجم/لتر	١	١
الزئبق مجم / لتر	١	١
الزرنيخ ، بورون، كروم، نحاس، رصاص، النيكل، الفضة (منفصلة) مجم / لتر	٥	١٠
زنك، باريوم، قصدير، منجنيز منفصلة مجم / لتر	١٠	٢٠
الحدود الكلية المسموح بها (مجمعة) مجم / لتر	٥٠	٥٠
الحديد مجم / لتر	٥٠	٥٠
السيانيد مجم / لتر	١٠	١٠
الكبريتيد مجم / لتر	١٠	١٠
الكبريتات مجم/لتر	١٠٠٠	١٠٠٠
الفينول مجم / لتر	١٠	١٠
المنظفات مجم / لتر	٥٠	٥٠

جمع العينات وتحليل البيانات

المسح الشامل للمصنع

قبل القيام بجمع العينات وتحليلها يجب عمل مسح شامل للمنشأة الصناعية للتعرف على عمليات التصنيع المختلفة والمواد الكميائية المستخدمة في التصنيع (المواد الخام) وتحديد مصادر التلوث في الوحدات الإنتاجية المختلفة ، علاوه على ذلك يجب معرفة كمية المياه المنصرفة من المنشأة حتى يتم على أساسها عمل تصميم وحدات المعالجة المطلوبة .

وللوصول لهذا الهدف يمكن إعداد إستمارة خاصة بالصرف الصناعي تشتمل علب بعض البيانات الأساسية منها على سبيل المثال لا الحصر :

١ ـ عدد العاملين.

٢ ـ المواد الخام.

٣ ـ المنتج النهائى.

٤ ـ عدد ورديات التشغيل.

٥ ـ كمية المياه المنصرفة.

٦ ـ أماكن التخلص من المخلفات.

٧ ـ احتمال وجود معالجة من عدمه .

طريقة جمع العينات

يتم تجميع عينات المخلفات الصناعية السائلة من المخرج النهائى للمنشأة قبل نقطة التخلص منه إما على شبكة الصرف الصحى أو المسطحات المائية ويتم تجميع عينة بحيث تكون ممثلة لطبيعة وكمية التصرف خلال ساعات التشغيل الفعلية بالمنشأة . ويتم ذلك باستخدام مضخة جرعات تعمل بصفة مستمرة .

وإذا كان هناك من مخرج للمنشأة الصناعية فيمكن أخذ عينات منفصلة لكل مخرج ، ويمكن خلطها معملياً بنسبة التصرف الفعلى .

التحاليل

تجرى بعد أخذ العينة مباشرة ، أما إذا تعذر ذلك وتأخر إجراء التحاليل المقررة

لمدة تزيد عن ثلاث ساعات ، فيجب حفظ العينة داخل صندوق ثلاجة مع إحاطة الوعاء بطبقة من الثلج .

وهناك بعض القياسات التى يجب قياسها فور تجميع العينات (قياسات حقلية) مثل الرقم الأيدروجينى ، الأكسجين الذائب ، درجة الحرارة . بينما هناك قياسات أخرى يجب تثبيتها فور جمع العينات مثل كبريتيد الأيذروجين ، الأمونيا ، الفينول ، وذلك باتباع الطرق القياسية العالمية

(APHA standard methods for water & waste water examination)

البيانات :

يجب علي المكلف بأخذ العينة أن يملأ بخط واضح بمنتهي الدقة البيانات التالية والتي ترسل مع عينة المخلفات السائلة إلي معامل التحاليل .

١ ـ مكان أخذ العينة .

٢ ـ تاريخ أخذ العينة .

٣ ـ ساعة أخذ العينة .

٤ ـ درجة الحرارة وقت أخذ العينة .

٥ ـ اسم ووظيفة أخذ العينة .

٦ ـ وصف عام أو أي بيانات تفيد التحليل (استمارة الاستبيان) .

٧ ـ وضع ختم (Label)علي زجاجة العينة .

٨ ـ التوقيع .

معامل التحاليل المتاحة :

فيما يلي محاولة لحصر معظم بمعامل التحاليل المتاحة ، وهي كالآتي :

١ ـ المركز القومى للبحوث ـ قسم بحوث تلوث المياه .

٢ ـ المعمل المركزى ـ جامعة عين شمس .

٣ ـ المعهد العالى للصحة العامة ـ بالأسكندرية .

٤ ـ مركز الدراسات العليا للبحوث التابع لجامعة الإسكندرية .

٥ ـ مركز بحوث المياه ومعاهده المختلفة .

٦ ـ مركز البحوث الزراعية ومعاهده المختلفة ـ بوزارة الزراعة واستصلاح الأراضي.

٧ ـ المعهد القومي لصحة البيئة بوزارة الصحة .

٨ ـ معهد التبين للدراسات التعدينية :

ويقوم بعمل التحاليل الآتية :

هواء ـ تحليل سوائل ـ ميكروبيولوجى

٩ ـ معامل وزارة الصحة :

وهي كثيرة ، منها :

معملان يقومان بتحليل المياه والمخلفات السائلة ، وهما

ـ مركز الصحة البيئية بامبابة .

ـ معامل التحليل المركزي .

١٠ ـ معهد علوم البحار .

١١ـ الهيئة العامة لمرفق مياه القاهرة الكبرى :

المعمل المركزى بالفسطاط ويقوم التحاليل الروتينية لمياه الشرب . .

١٢ ـ معامل قطاع خاص :

ومنها علي سبيل المثال :

Chemi Art
Raymond Misr Foundation
Ardama Ace
Geochemica Industrries
ASE (Arab Swiss Engineering)

١٣ - شركة كيمكس للخدمات العلمية والصناعية ٦ شارع طلعت حرب أسكندرية ت القاهرة : ٢٠٢٠٣٨٨ ت الأسكندرية : ٤٨٣٧٨٠٢

الفصل السابع
النواحى القانونية للتفتيش البيئي

لقد أدرك المشرع المصرى ، منذ النصف الأول من هذا القرن ، أهمية الحفاظ على البيئة وصون مواردها ، فضمن التشريعات العقابية العديد من النصوص ذات الأبعاد البيئية وفي مقدمة هذه التشريعات قانون العقوبات المصرى رقم ٥٨ لسنة ١٩٣٧ ، والذى اشتملت أحكامه علي نصوص تجرم الإهمال في تنظيف أو إصلاح المداخن أو الافران أو المعامل التى تستعمل فيها النار ؛ كما تعاقب من رمى أحجاراً أو أشياء أخرى صلبة أو قاذورات على عربات أو سيارات أو بيوت أو مبان أو ممتلكات للغير أو على بساتين أو حظائر (وكذلك من رمى فى النيل أو الترع أو المصارف أو مجارى المياه الأخرى أدوات أو أشياء يمكن أن تعوق الملاحة أو تزحم مجاري تلك المياه) . ومن وضع في المدن علي سطح أو حوائط سكنه مواد مركبة من فضلات أو روث البهائم أو غيرها مما يضر بالصحة العامة .

كما أصدر العديد من التشريعات الخاصة التى تحمى البيئة فى عناصرها المختلفة ؛ ومن قبيل تلك التشريعات ، القانون رقم ٤٥ لسنة ١٩٤٩ بتنظيم استعمال مكبرات الصوت ، والعديد من قوانين النظافة العامة وآخرها القانون رقم ٣٨ لسنة ١٩٦٧ ، والقرار بالقانون رقم ٩٣ لسنة ١٩٦٢ في شأن صرف المخلفات السائلة ، والقانون رقم ٥٧ لسنة ١٩٨٠ في شأن التخلص من البرك والمستنقعات ومنع إحداث الحفر ، والقانون رقم ٥٢ في شأن المحميات الطبيعية .

القانون رقم ٤ لسنة ١٩٩٤

أخيراً توج المشرع الصرى جهوده من أجل حماية البيئة والحفاظ عليها بإصداره القانون رقم ٤ لسنة ١٩٩٤ ، الذي يعد صدوره حدثاً بيئيا هاماً ونقلة حضارية كبيرة حققتها مصر وهى علي مشارف القرن الحادى والعشرين ، لتتبوأ مكانتها بين الدول المتحضرة التي تولى عناية خاصة لحماية البيئة ومكافحة تلوثها .

فبرغم أن التقدم العلمى والتكنولوجى قد أسهما إلي حد كبير فى تطوير أساليب الحفاظ على البيئة وخفض تلوثها وصون مواردها ، إلا أن تلك الوسائل

وحدها لا يمكن أن توفر الحماية الازمة للبيئة مالم تكن هناك ضوابط حازمة وملزمة تكفل تلك الحماية وتلزم الافراد والجماعات بتجنب الأفعال الضارة بالبيئة والتزام السلوك الذي يحافظ علي سلامة البيئة وصون مواردها . فوجود نظم تشريعية بيئية متطورة متفهمة ومدركة لكافة مكوناتها وعناصرها من شأنه أن يكفل الكمال لمنظومة الحفاظ علي البيئة ويحقق الهدف المنشود من تلك الحماية . بيد أن ذلك مشروط بأن تتسم هذه النظم التشريعية بالديناميكية والمرونة اللتين تكفلان لها مسايرة التطور السريع في الأساليب العملية التكنولوجية بل وفي مفهوم البيئة ذاتها ، ومايطرأ عليه من متغيرات في المضمون والأبعاد .

مهلة توفيق الأوضاع في القانون

أوجب القانون رقم ٤ لسنة ١٩٩٤ في شأن البيئة في المادة الأولي من مواد إصداره (علي المنشأة القائمة وقت صدوره) توفيق أوضاعها وفقاًلأحكامه خلال مهلة حددها بثلاث سنوات اعتبارا من تاريخ نشر لائحته التنفيذية وبما لا يخل بتطبيق أحكام القانون رقم ٤٨ لسنة ١٩٨٢ في شأن حماية نهر النيل والمجاري المائية من التلوث ، وأجاز القانون لمجلس الوزراء (بناءعلي عرض الوزير المختص بشئون البيئة) مد هذه المهلة لمدة لا تجاوز عامين على الأكثر ، إذا دعت الضرورة ذلك وتبين لمجلس الوزراء جدية الاجراءات التي اتخذت في سبيل تنفيذ أحكام القانون .

وقد صدرت لائحته التنفيذية لقانون البيئة بقرار رئيس مجلس الوزراء رقم ٣٣٨ لسنة ١٩٩٥ فى ١٨ فبراير سنة ١٩٩٥ ونشرت بالوقائع في ٢٨ فبراير سنة ١٩٩٥ لهذا فأن مهلة السنوات الثلاث تبدأ بهذا التاريخ وتنتهي في ٢٨ فبراير سنة ١٩٩٨ ، وقد نصت اللائحة التنفيذية فى المادة الثانية من مواد إصدارها علي انه مع عدم الاخلال بأحكام المادة الأولي من القانون رقم ٤ لسنة ١٩٩٤ المشار إليه ، علي المنشآت التي ترغب في مد المهلة المقررة لتوفيق أوضاعها إن تتقدم بطلبها إلي جهاز شئون البيئة قبل ستة أشهر سابقة علي نهاية مدة الثلاث سنوات المنصوص عليها في المادة المذكورة، علي أن يشتمل الطلب علي مبررات المد وما أتخذ من إجراءات لتطبيق أحكام اللائحة المرفقة.

وأوجبت اللائحة علي جهاز شئون البيئة أن يتحقق من صحة البيانات المقدمة ،

ومدي جدية المنشأة فى تطبيق هذه اللائحة ، وأن يرفع بذلك تقريراً مفصلاً ومدعمابالمستندات إلي الوزير المختص بشئون البيئة لعرضه علي مجلس الوزراء ، وأجازت اللائحة لجهاز شئون البيئة أن يستعين عند إعداده التقرير الخاص بالمد بخبراء ينتدبهم لهذا الغرض ، ويتحمل طالب المد فى هذه الحالة التكاليف التى يقدرها الجهاز لهؤلاء الخبراء .

وهكذا فأنه وفقا للأحكام المتقدمة بتعين على المنشآت (التي كانت قائمة وقت صدور القانون في ٢٧ فبراير ١٩٩٤) أن توفق أوضاعها وفقا لأحكامه قبل ٢٨ فبراير سنة ١٩٩٨ ، وإلا تعرضت لتطبيق أحكامة عليها ، وعلى المنشآت التى ترغب فى استخدام حقها في مد المهلة لمدة لاتتجاوز عامين على الأكثر أن تتقدم بطلبها إلى جهاز شئون البيئة قبل ٢٨ أغسطس سنة ١٩٩٧ موضحة مبررات المد وما أتخذته من إجراءات فى سبيل توفيق أوضاعها فإذا تحقق جهز شئون البيئة من صحة البيانات المقدمة وتبين له جدية المنشأة في تطبيق أحكام القانون واللائحة ، فإنه يرفع بذلك تقريراً مفصلاً ومدعماً بالمستندات إلى الوزير المختص بشئون البيئة لعرضه على مجلس الوزراء .

ومن أهم الأحكام المتعلقة بالصناعة التي تضمنها قانون البيئة ولائحته التنفيذية ما يلى :

١ ـ خضوع التوسعات في المنشآت القائمة لتقييم التأثير البيئى

٢ ـ متابعة التزام المنشآت بمعايير حماية البيئة .

٣ ـ أحكام خاصة بالمواد والنفايات الخطرة .

٤ ـ أحكام خاصة بالانبعاثات والمخلفات الملوثة .

تم بحمد الله

المراجع العربية

١ ـ الهندسة الصحية ـ د/ محمد علي على فرج ـ كلية الهندسة جامعة الأسكندرية .

٢ ـ مبادىء في الهندسة الصحية ـ د/ محمد صادق العدوى ، د/ أحمد عادل حمودة .

د/ رزق مرقص رزق ـ كلية الهندسة الأسكندرية .

٣ ـ هندسة الصرف الصحى (هندسة صحية (٢) ـ د/ محمد صادق العدوى ـ كلية الهندسة ـ جامعة الأسكندرية .

٤ ـ تجميع ومعالجة مياه الفضلات ـ تأليف وترجمة محمد أنيس الليلة ـ الجمهورية العراقية ـ جامعة الموصل .

٥ ـ الماء (مأزق ومواجهات) أ.د/ عبد المنعم بلبع ، أ .د/ السيد خليل عطا ـ الناشر منشأة المعارف الأسكندرية .

٦ ـ تنقية المياه المالحة ـ تأليف ك . س بشيجلر ـ ترجمة د/ مصطفي محمد السيد مركز النشر العالمى ـ جامعة الملك عبد العزيز ـ جده .

٧ ـ منع التلوث في الصناعات النسيجية ـ مشروع ترشيد الطاقة وحماية البيئة .

٨ ـ التلوث مشكلة العصر ـ تأليف د/ أحمد مدحت اسلام ـ عالم المعرفة ـ الكويت .

المراجع الاجنبية

1- Boiler Water Treatments , Revised and Published by Energy Conservation and Environmental Protection (ECEP) - 1994 .

2 - Boiler Water Requirements For Safe operation , Prof.A.N Mahdi .

3 - Water supply , By A.C Twort , F.MLaw F.W. Crowley , Published By Edward Arnold London , Aucland, reprint 1990, 1992.

4 - Boiler Efficiency Instiute, Auburn , Alabama 36831 - 2255.

5 - Pollution Prevention Concept , Revised and Published By ECEP - 1995 .

6 - Sewage Water Treatment , Seminar on Industrial Pollution control may 1988 - High Institute of Public Health .

الفهـــرس

الباب الأول

الماء ومصادره

الباب الثانى

نوعية الماء والمواد الملوثة له والمشاكل الناجمة عنه

الباب الثالث

تنقية ماء الشرب

الباب الرابـــع

معالجة الماء للاغراض الصناعية

الباب الخامس

طرق تحليل الماء

الباب السادس

تلوث البيئة

شركة الجلال للطباعة
أول شارع السفن-العامرية
☎ ٠١٢/٣٣٢٤٥٠٣

نبــذة عن المؤلـف

○ دكتور أحمد فؤاد مصطفي النجعاوي.

○ بكالوريوس هندسة كيميائية - جامعة الأسكندرية ١٩٦٣ .

○ ماجستير هندسة كيميائية - جامعة الاسكندرية ١٩٦٧ .

○ دكتوراه الألياف النسجية - جامعة ليدز - انجلترا ١٩٧٧ .

المؤلفات السابقة :

١ - تكنولوجيا تجهيز الأقمشة القطنية.

٢ - تكنولوجيا تجهيز وصباغة وطباعة الأقمشة القطنية.

٣ - تكنولوجيا الألياف الصناعية وخلطاتها.

٤ - صباغة الألياف الصناعية وخلطاتها.

٥ - طباعة الألياف الصناعية وخلطاتها.

٦ - تكنولوجيا صناعة الصوف.

٧ - السجاد والموكيت.

٨ - التكنولوجيا الحديثة للزوي

مجال الخبرة :

❑ شركة مصر صباغي البيضا من ١٩٦٣ إلي ١٩٨٤ .

❑ في مجالات صباغة الأقمشة القطنية وصناعة توبس الصوف.

❑ شركة العاشر من رمضان لصناعات الغزل من ١٩٨٤ حتي الآن .

❑ عضو مجلس الإدارة المنتدب لشركة العاشر من رمضان لصناعات الغزل (مجموعة النساجون الشرقيون) بمدينة العاشر من رمضان.

٢٠٠٠

42 / 1262